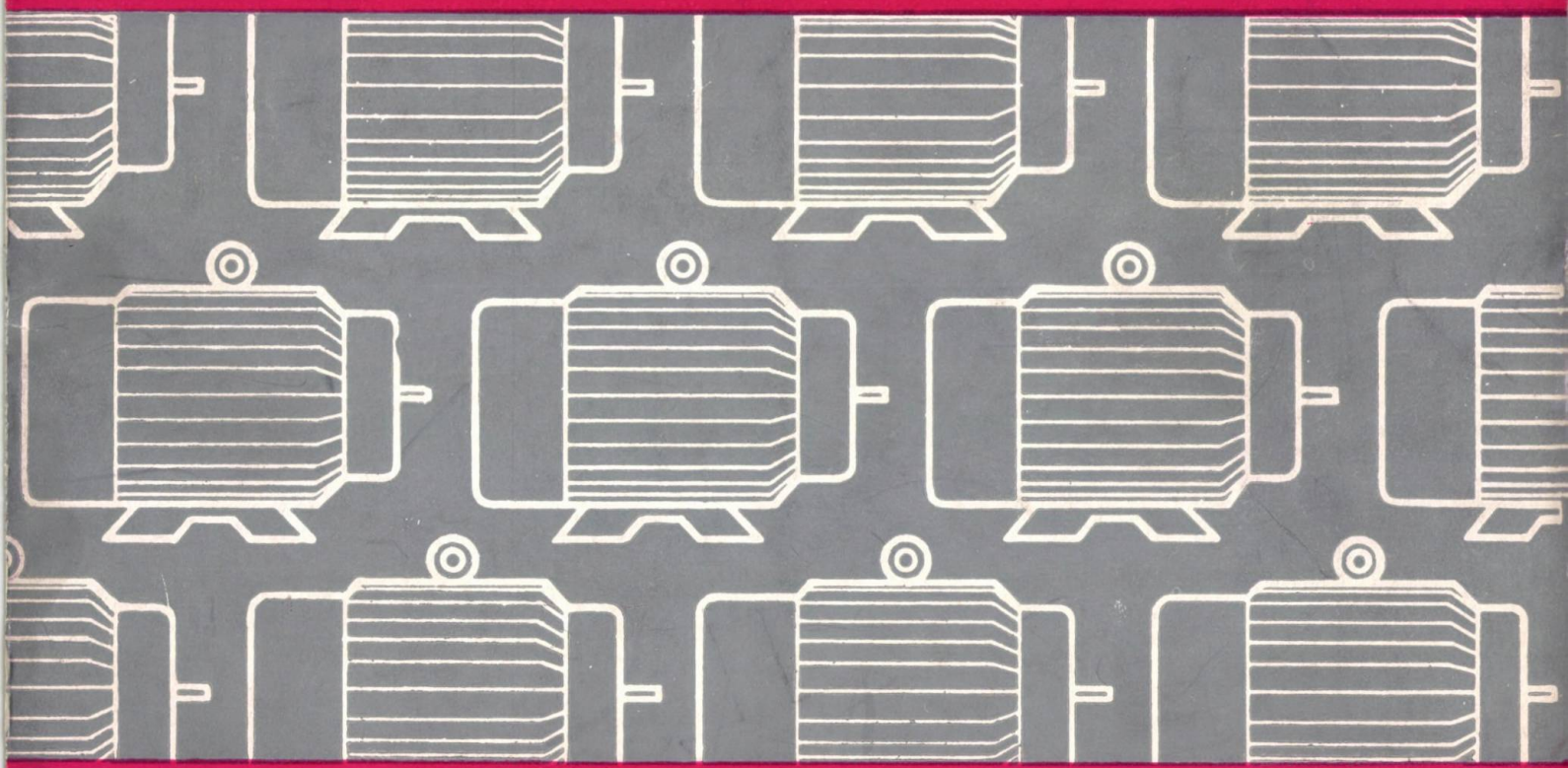
E 2040

R

REFERÁLVA

ELECTROTEHNICA



ELECTROTEHNICA ● BUCUREȘTI ● ANUL 13 ● NR. 1 ● PAGINA 1 — 40 ● IANUARIE 1965

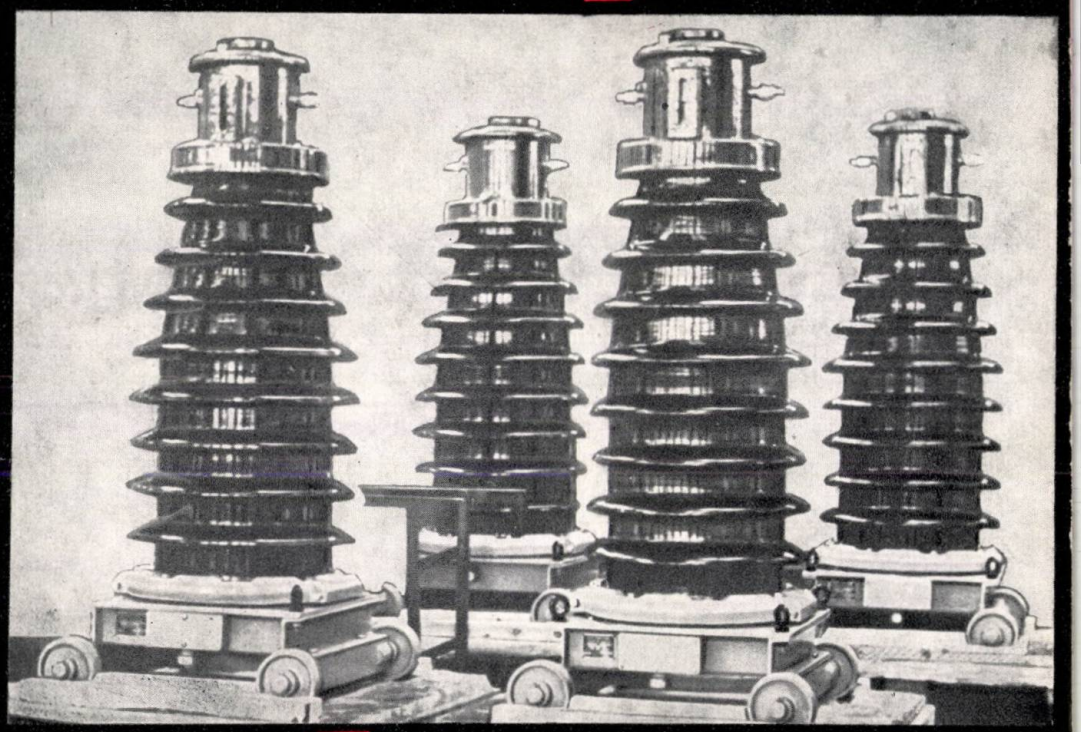
1

Livrează

TRANSFORMATOARE DE MĂSURĂ

DE CURENT ȘI DE TENSIUNE ÎNTR-O GAMĂ LARGĂ:

6, 10, 15, 25, 35 și 110 kV ● 5 — 5 000 A (toate valorile intermediare standardizate) ● diferite combinații ale claselor de precizie, ale puterilor secundare și ale coeficienților de saturație ● diferite tipuri constructive, compacte, cu gabarite reduse ● în ulei, în carcase de bachelită, înglobate în material plastic.



UZINELE ELECTROPUTERE

craiova

elba

AMENAJAŢI-VĂ UN INTERIOR PLĂCUT PRINTR-UN ILUMINAT RECONFORTANT ÎN LOCUINŢELE DV., CU AJUTORUL CANDELABRELOR „ELBA"

FOLOSIND CORPURILE DE ILUMINAT INDUSTRIALE „ELBA" VĂ ASIGURAŢI O PRODUCŢIE MĂRITĂ LA LOCUL DE MUNCĂ

VĂ MĂRIŢI SIGURANŢA ÎN CIRCULAŢIA RUTIERĂ PRIN ECHIPAREA AUTOVEHICULELOR CU FARURI ŞI LĂMPI DE SEMNALIZARE TIP „ELBA"

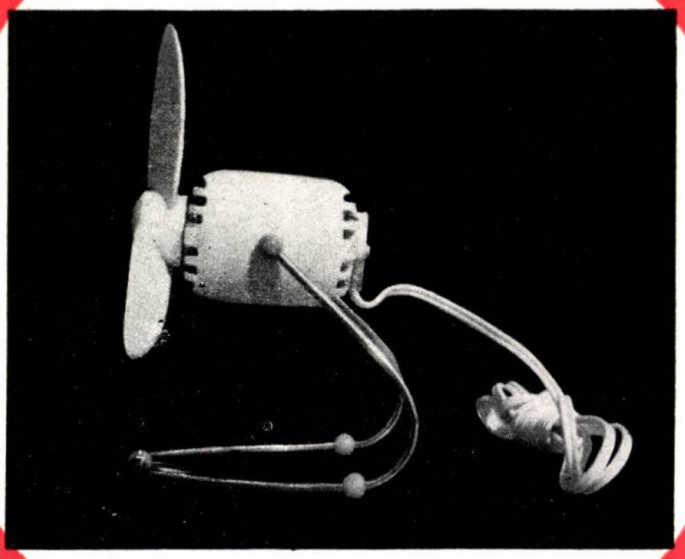
MODERNIZAŢI ASPECTUL ORAŞELOR CU AJUTORUL CORPURILOR DE ILUMINAT PUBLIC „ELBA"

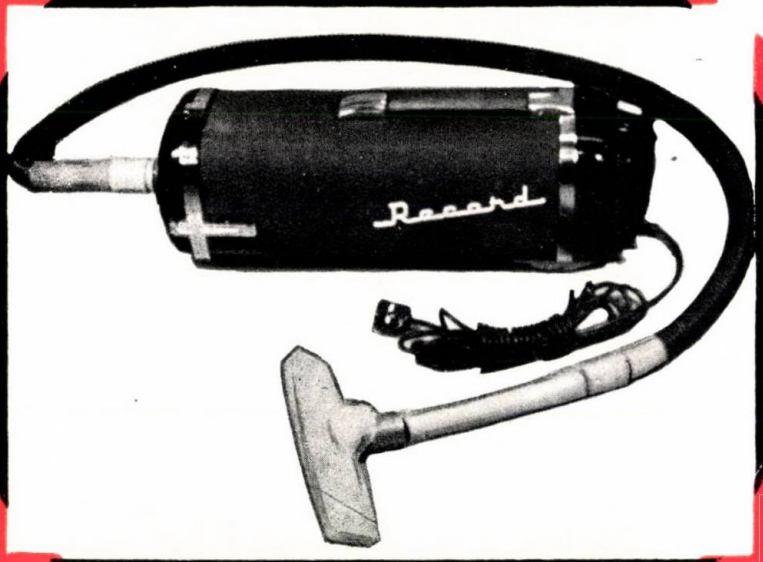
ELECTRO-BANAT

I.I.S. ELECTRO-BANAT — TIMIŞOARA, STR. PESTALOZZI Nr. 22

TELEFON: 1.42.60 ; 1.42.61

Intreprinderea ELECTROMOTOR





execută :

- motoare electrice asincrone trifazate cu rotorul în scurt-circuit, protecție IP 44, de 4—30 kW, și cu rotorul cu inele de contact, de 5,5—22 kW
- aspiratoare de praf tip „Record"
- ventilatoare de masă cu cadru sau suport
- relee regulatoare pentru tractoare și autovehicule
- generatoare de curent continuu pentru tractoare și autovehicule
- motoare și reostate pentru mașini de cusut electrice
- motoare pentru antrenarea spăiătorului și centrifugei mașinilor de spălat rufe „ALBA—LUX"

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

ELECTROTEHNICA

Anul 13 nr. 1 ianuarie 1965

CUPRINS

CZ 621.372.011: 537.313

Rothman, A. : **Teoria circuitului electric în sens larg.**

Electrotehnica **13**, nr 1, ian 1965, p. 1–9

Se prezintă caracteristicile algebrice şi topologice ale circuitului electric, care permit ca acesta să fie interpretat ca un limbaj general pentru descrierea unui anumit grup de fenomene cărora le sînt asociabile relaţii liniare de natură oarecare. Se arată care sînt implicaţiile în sens larg ale teoremelor lui Kirchhoff şi se prezintă consecinţele lor moderne, adică teoria grafurilor de fluenţă.

CZ 621.315.616.96 (498) :621.317.333.015.5

Lăzărescu, E. : **Contribuţii la studiul proprietăţilor dielectrice ale unor materiale plastice fabricate din materii prime indigene.**

Electrotehnica **13**, nr. 1, ian 1965, p. 10–13

Se prezintă, pe scurt, concluziile obţinute în urma unui studiu experimental realizat printr-o serie de măsurări asupra proprietăţilor dielectrice la cîteva materiale plastice fabricate din materii prime indigene. Se analizează rezultatele cercetărilor obţinute. Din studiu rezultă că aminoplastele şi polistirenul sînt cele mai bune materiale dielectrice dintre materialele plastice studiate.

CZ 621.318.321.025.1.001.24

Tomoiagă, R., Cosmin, Gh. şi *Feldman, E.* : **Calculul încălzirii bobinelor electromagneţilor de curent alternativ.**

Electrotehnica **13**, nr. 1, ian 1965, p. 13–22

Se face studiul circulaţiei fluxului termic prin bobinele electromagneţilor de curent alternativ în regim stabilizat de funcţionare, ţinînd seamă de toate sursele care contribuie la încălzirea înfăşurării (pierderile în fier, în spiră-ecran şi în rezistenţa bobinei). Se prezintă, în comparaţie cu principalele moduri de calcul cunoscute în literatura de specialitate, o nouă metodă de calcul al temperaturilor maxime stabilite în bobină. Se prezintă şi un mod de calcul al încălzirii spirei în scurtcircuit, încastrată în fierul miezului magnetic pe baza unor încercări experimentale efectuate în cadrul laboratoarelor Uzinelor „Electroaparataj".

CZ 621.318.22 :669

Stănciulea, L., Marcus, B., Diaconu, L., şi *Friedman, Al.* : **Realizarea pieselor cu profil complicat din ferită prin turnare la cald sub presiune.**

Electrotehnica **13**, nr. 1, ian 1965, p. 23–27

Se prezintă principiul tehnologiei de turnare la cald sub presiune şi lucrările experimentale efectuate la I.C.P.E. pentru aplicarea lor la ferite. Se descriu utilajele folosite şi piesele realizate.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

CZ 621.315.616 :621.317.39 :536.41

Şontea, S. şi *Băltănoiu, M.* : **Studii dilatometrice la materiale plastice şi răşini de turnare folosite în fabricarea produselor U.E.P.C.**

Electrotehnica **13**, nr. 1, ian 1965, p. 28–30

DIN ACTIVITATEA DE CERCETARE

CZ 621.791.73 :621.314.63

Finţescu, D. : **Agregat de sudură statică în curent continuu cu ventile cu siliciu.**

Electrotehnica **13**, nr. 1, ian 1965, p. 30–31

RECENZII 31–33
REFERATE 34–36
CRONICĂ 37–38
TEMATICA PE ANUL 1965 39–40

RECOMANDĂRI
pentru autori

1. Lucrările care pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. — îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat, fixînd premisele de la care s-a pornit problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic — ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă, literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus, în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteză), revista, volumul, luna, numărul, anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină-faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titlul, funcţiile, localitatea şi adresa domiciliului, numărul de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.372.011 :537.313

Ротман, А.: **Теория электрической цепи в широком смысле.**

Electrotehnica, **13**, № 1, январь, 1965, стр. 1–9

Приводятся алгебраические и топологические характеристики электрической цепи, допускающие рассмотрение последней в общих чертах для описания определённой группы явлений, к которым присоединяют различные линейные отношения. Указываются области применения в широком смысле теорем Кирхгоффа и приводятся их современные последствия, т.е. теория графов влияния.

ДК 621.315.616.96 (498) :621.317.333.015.5

Лэзэреску, Е.: **К вопросу исследования диэлектрических свойств ряда пластмасс, изготовляемых из местного сырья.**

Electrotehnica, **13**, № 1, январь, 1965, стр. 10–13

Кратко излагаются выводы, полученные в результате опытного исследования, проведенного путем измерения диэлектрических свойств нескольких пластмассовых материалов, изготовляемых из местного сырья. Анализируются результаты полученных исследований. Установлено, что аминопласты и полистирол являются самыми лучшими диэлектрическими материалами из числа исследованных пластмасс.

ДК 621.318.321.025.1.001.24

Томояэ, Р., Космин, Г. и *Фельдман, Е.:* **Расчёт нагрева электромагнитных катушек переменного тока.**

Electrotehnica, **13**, № 1, январь, 1965, стр. 13–22

Приводится исследование циркуляции теплового потока через катушки электромагнитов переменного тока при установившемся рабочем режиме, с учётом всех источников, которые способствуют нагреву обмотки (потери в железе, витке-экране и в сопротивлении катушки). Приводится в сравнении с основными известными в литературе расчётными способами новый расчётный метод максимальных температур, установленных в катушке. При этом приводится и расчётный метод нагрева короткозамкнутого витка, встроенного в железо магнитного сердечника, на основе ряда опытных исследований, выполненных в лабораторных условиях завода „Electroaparataj".

ДК 621.318.22 :669

Стэнчулеа, Л., Маркус, Е., Диакону, Л. и *Фридман, Ал.:* **Производство ферритовых деталей сложного профиля, путём горячего литья под давлением.**

Electrotehnica, **13**, № 1, январь, 1965, стр. 23–27

Приводятся принцип технологии горячего литья под давлением, а также опытные работы, проведенные в „ICPE" для их применения к ферритам. Приводится описание используемого оборудования изготовленных деталей.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621.315.616 :621.317.39 :536.41

Сонтя, С. и *Бэлтэною, М.:* **Дилатометрические исследования пластмассовых материалов и литейные смолы, используемые при производстве изделий завода „ИЕРС"**

Electrotehnica, **13**, № 1, январь, 1965, стр. 28–30

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ДК 621.791.73 :621.314.63

Финцеску, Д.: **Статический сварочный агрегат постоянного тока с кремнистым вентилем.**

Electrotehnica, **13**, № 1, январь, 1965, стр. 30–31

РЕФЕРАТЫ 31–33

ХРОНИКА 34–36

ТЕХНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ 37–38

ТЕМАТИКА НА 1965 ГОД 39–40

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.372.011 :537.313

Rothman, A. : **Die Stromkreis-Theorie in breitem Sinne.**

Electrotehnica **13**, H. 1, Januar 1965, S. 1–9

Es werden die algebrischen und topologischen Kennwerte des Stromkreises dargelegt, die es gestatten, dass dieser als allgemeiner Begriff für die Darstellung einer gewissen Gruppe von Erscheinungen vorgestellt werden kann, die mit linearen Relationen, gleichgültig welcher Art, in Verbindung gebracht werden können. Es wird darauf hingewiesen in welchem Masse der Kirchhoffsche Lehrsatz in breitem Sinn einbezogen werden kann und dessen moderne Anwendungsbereiche dargelegt.

DK 621.315.616.96 (498) :621.317.333.015.5

Lăzărescu, E. : **Beiträge zur Untersuchung der dielektrischen Eigenschaften von Kunststoffen, die aus einheimischen Rohstoffen erzeugt sind.**

Electrotehnica **13**, H.1, Januar 1965, S. 10–13

Der Verfasser legt zusammenfassend die Schlussfolgerungen dar, die nach einer Versuchsreihe durch zahlreiche Messungen der dielektrischen Eigenschaften einiger, aus einheimischen Rohstoffen erzeugten Plasten erzielt wurden. Anschliessend werden diese Versuchsergebnisse analysiert, wobei festgestellt wird, dass die Aminoplasten und das Polysterol von den untersuchten Kunststoffen die besten dielektrischen Eigenschaften aufweisen.

DK 621.318.321.025.1.001.24

Tomoiagă, R., Cosmin, Gh. und *Feldman, E.* : **Berechnung der Erwärmung der Wechselstrommagnetspulen.**

Electrotehnica **13**, H. 1, Januar 1965, S. 13–22

Es wird die Bewegung des Wärmeflusses in Wechselstrommagnetspulen unter feststehenden Betriebsbedingungen untersucht, wobei alle Ursachen in Betracht gezogen werden, die zur Erwärmung der Spule beitragen (Verluste im Eisenkern, in der Gitterwindung und dem Spulwiderstand). Im Vergleich zu den hauptsächlichsten, in der Fachliteratur bekannten Berechnungsmethoden, wird ein neues Verfahren zur Berechnung der Höchsttemperatur in der Spule dargelegt. Ferner beschreiben die Verfasser ein Verfahren zur Berechnung der Spulenerwärmung im Kurzschluss innerhalb des magnetischen Eisenkerns. Das Verfahren wurde auf Grund von Versuchen in den Laboratorien der „Electroaparataj"-Werke entwickelt.

DK 621.318.22 :669

Stănciulea, L., Marcus, B., Diaconu, L. und *Friedman, Al.* : **Fertigung von Werkstücken mit kompliziertem Profil aus Ferrit im Druckguss.**

Electrotehnica **13**, H.1, Januar 1965, S. 23–27

Es wird die Fertigungstechnologie des Druckgusses und die im Institut für Elektrotechnische Forschungen und Entwürfe vorgenommenen Arbeiten zu dessen Anwendung auf Ferrite dargelegt und die verwendeten Anlagen sowie die erzielten Werkstücke beschrieben.

FÜR DEN JUNG INGENIEUR

DK 621.315.616: 621.317.39: 536.41

Şontea, S. und *Bălţănoiu, M.* : **Dielektrische Untersuchungen der Gussplasten und-harze, die in der Produktionsfertigung in den „Electroputere"-Werken Craiova verwendet werden.**

Electrotehnica **13**, H. 1, Januar 1965, S. 28–30

AUS DER FORSCHUNGSTÄTIGKEIT

DK 621.791.73: 621.314.63

Finţescu, D. : **Statisches Wechselstrom–Schweissaggregat mit Siliziumventilen.**

Electrotehnica **13**, H. 1, Januar 1965, S. 30–31

BUCHBESPRECHUNGEN 31–33
REFERATE 34–36
CHRONIK 37–38
DIE THEMATIK FÜR 1965 39–40

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 13 nr. 1 București, ianuarie 1965

Teoria circuitului electric în sens larg

Aurel Rothman* — București

CZ 621.372.011 :537.31

În prezent se poate vorbi de o electrotehnică a rețelelor electrice în sens larg. Conceptului general de circuit electric îi sînt asociabile proprietăți care permit o restructuralizare a diferitelor discipline inginerești. Dintre proprietățile cele mai importante ale noțiunii de rețea trebuie să amintim, în primul rînd, reprezentarea celor mai complexe și diverse idei sub forma unei rețele, care este cunoscută sub terminologii variate cum ar fi: diagrame de fluență, grafuri topologice, scheme-bloc, sociograme etc. [1] — [3].

Semnificația generală a circuitului electric

Cuantizarea într-o mulțime finită de atribute este o necesitate logică și naturală în descrierea diferitelor procese.

Rețeaua electrică cu constante concentrate formează tocmai suportul primar pentru astfel de abstracțiuni cuantizate. Această rețea posedă un număr de inductanțe, capacități și rezistențe, adică diferite atribute, și un ansamblu finit de relații între aceste atribute. Exprimat electric, ecuațiile au un ansamblu finit de variabile și coeficienți.

O rețea reprezintă modul cel mai simplu de a reprezenta relații funcționale, ea duce la limbajul cel mai simplu, la un „sistem sintactic" universal.

În cazul general nodurile rețelei pot fi interpretate ca elementele ansamblului, iar laturile, ca relațiile care există între elemente. Putem considera, spre exemplu, că prima lege a lui Kirchhoff poate fi formulată sub forma: „toate relațiile (laturile) acționînd asupra unui element (nod) determină proprietățile acelui element", iar cea de-a doua lege a lui Kirchhoff sub forma: „relațiile succesive de-a lungul unui circuit închis trebuie să fie autoconsistente, adică să formeze o tautologie de un anumit fel".

Această particularitate a unei rețele, de a permite o cuantizare a unui anumit ansamblu de elemente și relații, duce la un izomorfism între rețeaua electrică și alte sisteme fizice. Trent [4] a arătat că orice sistem cu constante concentrate finite, oricît de complex ar fi, poate fi analizat pe baza unui procedeu unic datorită existenței unui graf liniar izomorf, cu proprietățile dinamice ale diferitelor părți componente ale sistemului, graf care indică, de asemenea, modul de interconexiune a acestor părți. Analiza sistemului începe cu o descompunere conceptuală a sistemului într-un număr de părți simple, fiecare dintre ele avînd proprietăți dinamice cunoscute. Se pot găsi două tipuri de variabile scalare care permit, cu ajutorul parametrilor sistemului, să fie definite proprietățile dinamice ale fiecărei părți a sistemului. Primul tip de variabilă satisface o relație de bucle, iar al doilea tip de variabilă satisface o relație de incidență. Dacă dimensiunile fizice ale produselor corespunzătoare celor două tipuri de variabile sînt consistente, atunci există un graf liniar izomorf, cu proprietățile dinamice ale sistemului așa cum acesta apare descris prin variabilele alese. Adăugări simple la graful izomorfic permit obținerea unei digrame-bloc a sistemului ale căror proprietăți algebrice pot fi folosite pentru a scrie direct un sistem de ecuații, fie pe bază nodală, fie pe bază de ecuații de bucle. Graful izomorfic reprezintă deci cheia stabilirii unei analogii complete.

Dezvoltarea concepției geometrice asupra circuitului electric. Opera lui Kirchhoff

Izomorfismul morfologic bazat pe o structură analogică, despre care s-a vorbit în capitolul anterior, reprezintă în fond o idee evoluată

* *A. Rothman* este inginer proiectant la I.S.P.E.

asupra circuitului electric. În prezentul paragraf sînt arătate căile străbătute de ştiinţa fizicii în sec. al XIX-lea, pentru promovarea unui punct de vedere geometric în problemele de analiză şi sinteză ale circuitului electric.

Punînd bazele calculului diferenţial şi ale mecanicii, Newton a introdus, în acelaşi timp, un punct de vedere mecanicist şi analitic pe care Lagrange l-a formulat astfel în „Bazele mecanicii analitice" :

„Nu veţi găsi în această lucrare nici o figură ; metodele pe care le expun nu cer nici construcţii, nici raţionamente geometrice sau mecanice, ci numai operaţii algebrice cu care se manevrează în mod regulat şi uniform. Acelor cărora le place analiza matematică vor vedea cu plăcere că Mecanica a devenit o nouă ramură a acesteia şi-mi vor fi recunoscători pentru aceasta".

Punctul de vedere lagrangian (analitic) predomină în toată ştiinţa sec. al XIX-lea. Majoritatea savanţilor sînt partizani ai aplicării analizei matematice şi, de cele mai multe ori, privesc, prin punctul de vedere al mecanicii, ştiinţele aplicate.

Fourier, în „Discursul preliminar la teoria analitică a căldurii", arată în mod deslușit acest fapt:

„Ecuaţiile analitice, ignorate de vechii geometri şi pe care Descartes le-a introdus cel dintîi în studiul curbelor şi suprafeţelor, nu sînt restrînse la proprietăţile figurilor şi la proprietăţile obiectelor mecanicii raţionale ; ele se răsfrîng asupra tuturor fenomenelor generale".

Ataşamentul faţă de concepte şi reprezentări mecanice drept suport pentru a înţelege fenomenele electrice au împiedicat dezvoltarea deplină a conceptelor electrice. Chiar Maxwell, în lucrarea sa „Teoria dinamică a cîmpului electromagnetic" (1865) şi apoi în „Tratatul de electricitate şi magnetism", foloseşte o formă dinamică de prezentare a ecuaţiilor cîmpului şi totuşi el a fost destul de criticat pentru conceptul electric de curent de deplasare introdus de el şi pentru ipoteza sa privind natura electromagnetică a luminii. A fost necesar să apară o personalitate neconformistă şi imaginativă ca Heaviside, pentru ca teoria lui Maxwell să fie acceptată ca o teorie pur electromagnetică.

Totuşi, chiar şi înaintea lui Maxwell, Kirchhoff la stabilirea teoremelor circuitului electric a plecat de la o interpretare geometrică sau, mai corect spus, topologică, deşi acest termen, cum şi însăşi topologia ca o ramură distinctă a matematicii, a fost dezvoltată de-abia mai tîrziu de Henri Poincaré.

Deşi legile lui Kirchhoff sînt binecunoscute oricărui inginer electrician, implicaţiile lor care rezultă din modul cum au fost demonstrate de autor [5] nu au reţinut atenţia cercetătorilor decît în ultimii ani, cînd aplicaţia topologiei la studiul reţelelor electrice a căpătat o importanţă esenţială atît pentru problemele de analiză, cît şi pentru cele de sinteză a reţelei. Datorită acestor aspecte, socotim că o scurtă trecere în revistă a conţinutului memoriului [5], al lui Kirchhoff, prezintă mare interes şi pentru inginerii din ţara noastră. Kirchhoff a enunţat în [6] două teoreme care îi poartă azi numele, dar a căror formulare este inversă faţă de modul cum sînt menţionate azi, şi anume : prima teoremă se referă la suma tensiunilor de-a lungul unui circuit închis, şi cea de-a doua, la suma curenţilor în nod. În lucrarea [5], Kirchhoff, după ce enunţă din nou cele două teoreme, dă următoarea regulă pentru determinarea curenţilor : „Numitorul comun al tuturor cantităţilor I este suma tuturor produselor $Z_{K1}, Z_{K2} \ldots Z_{K\mu}$ a μ* elemente din şirul $Z_1, Z_2 \ldots Z_n$, care au proprietatea că nu lasă nici o figură închisă după înlăturarea conductoarelor $K_1, K_2 \ldots K_\mu$. Numărătorul curentului I_λ este suma tuturor produselor $Z_{K1}, Z_{K2} \ldots Z_{K\mu-1}$ a μ-1 elemente din şirul $Z_1, Z_2 \ldots Z_n$, care au proprietatea că lasă numai o singură figură închisă după înlăturarea conductoarelor $K_1, K_2 \ldots K_{\mu-1}$, şi această figură închisă îl conţine pe λ. Fiecare produs este multiplicat prin suma forţelor electromotoare care se găsesc în figura închisă. Forţele electromotoare se consideră pozitive în aceeaşi direcţie în care I_λ sînt pozitivi".

Într-o serie de cinci dovezi Kirchhoff a demonstrat aserţiunea făcută care, după cum se vede, are un pronunţat caracter topologic (Anexa 1). Kirchhoff îşi termină articolul cu această observaţie remarcabilă : „Dacă termenii de la numărătorul lui I_λ sînt aranjaţi în ordine după forţele electromotoare $E_1, E_2 \ldots E_n$, atunci coeficienţii lui E_K sînt suma negativă sau pozitivă a unor combinaţii de $\mu-1$ elemente din şirul $Z_1, Z_2 \ldots Z_n$, combinaţii care apar la numitorii lui I şi care sînt înmulţite cu Z_λ, cum şi cu Z_K. Acestea sînt tocmai combinaţiile $Z_{K1}, Z_{K2} \ldots Z_{K\mu-1}$ care au proprietatea că prin înlăturarea conductoarelor $K_1, K_2 \ldots K_{\mu-1}$ nu rămîne decît o singură figură închisă şi această figură conţine atît pe λ, cît şi pe K. Combinaţia se consideră pozitivă, dacă în figura rămasă direcţia pozitivă al lui I coincide cu direcţia lui E_K şi negativă, în caz contrar.

Din cele arătate rezultă că, dacă alegem două conductoare dintr-o reţea arbitrară, curentul produs în primul conductor datorit unei forţe electromotoare din cel de-al doilea conductor este exact egal cu curentul produs în cel de-al doilea, datorită unei forţe electromotoare egale, aplicată în primul conductor.

În definitiv, produsul $Z_{K1}, Z_{K2} \ldots Z_{K\mu}$ apare la numitor dacă ecuaţiile pe care le dă teorema 1

* $\mu = n - m + 1$; n este numărul laturilor ; m — numărul nodurilor.

sînt independente de I_{K1}, I_{K2} ... $I_{K\mu}$. Se poate arăta că această condiţie coincide cu condiţia ca să nu poată fi dezvoltată din ecuaţiile formate prin aplicarea teoremei 2 nici o relaţie între curenţii I_{K1}, I_{K2} ... $I_{K\mu}$.

Se observă deci nu numai faptul că Kirchhoff enunţă principiul reciprocităţii, dar el utilizează o demonstraţie topologică privind modul de determinare a diferiţilor termeni ai unui determinant, care poate fi sintetizată în formula următoare [7]:

$\det A = K^2 \sum_m$ coarborele produsului impedanţelor, unde: K este un întreg; m — numărul impedanţelor reţelei, iar suma este extinsă la toţi coarborii distincţi care se pot forma din reţeaua N.

Regula topologică a lui Kirchhoff permite să se găsească distribuţia curenţilor şi tensiunilor într-o reţea şi deci orice funcţiune a reţelei. Deşi rezultatele obţinute de el se refereau la reţele compuse numai din rezistenţe, dacă se utilizează operatori liniari, cum ar fi transformata Fourier sau Laplace se pot studia diferite funcţii proprii şi de transfer ale reţelei în regimuri atît staţionare, cît şi tranzitorii.

În locul unor impedanţe operaţionale se pot introduce alte funcţii de pondere, cum ar fi funcţii de comutare (booleene) sau reţele definite probabilistic etc.

În ultimul secol, după apariţia lucrării [5], ideile expuse de Kirchhoff au fost reexaminate şi reformulate de numeroşi cercetători în lumina progresului efectuat de algebra liniară şi de topologie. Maxwell [8] a revizuit legile lui Kirchhoff şi a insistat asupra metodei nodale de rezolvare. Franklin în anul 1925 a aplicat [9] cîteva dintre metodele algebrei moderne pentru a demonstra legea impedanţelor lui Kirchhoff.

Foster [10] a cercetat proprietăţile reţelelor electrice în lumina teoriei grafurilor şi a clasificat aceste reţele după numărul ciclomatic, adică după numărul gradelor de libertate (acesta este egal cu numărul laturilor din care se scade numărul nodurilor şi la care se adună numărul părţilor separate), şi după rang, adică după numărul nodurilor, mai puţin numărul părţilor separate.

El este unul dintre primii cercetători care formulează explicit problema geometrică a reţelei electrice.

O serie de proprietăţi ale grafurilor plane şi neseparabile au fost demonstrate, în aceeaşi perioadă (1930—1935), de H. Whitney [11]—[13]. Y.H. Ku a dat noi interpretări legilor lui Kirchhoff şi Maxwell [14], [15], şi anume: într-un număr de cinci reguli el expune atît metoda nodală a lui Maxwell, cît şi metoda buclelor a lui Kirchhoff, arătînd dualitatea care se poate stabili între aceste două metode şi procedeele topologice de a forma diferiţi determinanţi şi cofactori.

Problema legilor lui Kirchhoff, privite din punct de vedere topologic, şi a dualelor acestor legi, a făcut obiectul unui articol foarte interesant al lui L. Weinberg [6]. Lucrări fundamentale care se înscriu pe aceeaşi linie, dar cu un orizont mult mai larg, sînt cele ale lui Cauer [17], [18] şi Bayard [19].

Într-un articol recent A. Nathan [20] a arătat posibilitatea deducerii regulilor lui Kirchhoff pe baza formulei Binet-Cauchy de dezvoltare a unui determinant. Aşa cum arată Foster [21], problema obţinerii în mod direct a discriminantului unei reţele, ca o dezvoltare funcţională depinzînd de impedanţele laturilor, fără a face apel la o formulare matricială sau la dezvoltarea unui determinant, a fost reactualizată de Campbell şi Franklin [9] şi a fost amplu dezvoltată de o serie de cercetători chinezi, cum sînt Wang, T., Chow, W. L., Ting, S.L., Tsai, C.T. [21].

Dezvoltarea actuală a teoriei circuitului electric pe baza ideilor lui Kirchhoff este aşa de extinsă încît constituie o disciplină distinctă a electrotehnicii moderne, cu diferite direcţii de cercetare, care acoperă, într-un fel sau altul tot domeniul electrotehnicii.

Grafurile de fluenţă

Studiul teoretic al circuitului electric arată că acesta poate fi analizat în mod convenabil dacă se cunosc configuraţia topologică şi cîteva legi de bază referitoare la mărimile algebrice asociate grafului. Metoda grafurilor de fluenţă reprezintă tocmai un procedeu de analiză de natura celui menţionat. Se numeşte graf de fluenţă a semnalului sau, mai scurt, graf de fluenţă o reţea de laturi orientate, la care semnalul asociat fiecărui nod este egal cu suma algebrică a semnalelor laturilor ce se termină în acel punct. Prin semnal înţelegem, în cadrul articolului de faţă, o mărime electrică de natură oarecare. Semnalul unei laturi poate fi definit ca produsul dintre semnalul la intrarea laturii şi transmitanţa laturii, prin transmitanţă înţelegîndu-se o mărime de transfer (număr sau imitanţă). Graful de fluenţă reprezintă o structură vizibilă, un limbaj grafic universal căruia îi sînt asociate relaţii cauzale între mai multe variabile. Similitudinea a două sisteme fizice nu rezultă din modul de dispunere a elementelor sistemelor respective sau din dimensiunile variabilelor, ci din ansamblul de relaţii care pot fi scrise între aceste variabile. Se consideră că graful de fluenţă reprezintă o tranziţie de la o metodă matricială de rezolvare a unui sistem de ecuaţii la o metodă topologică. Această metodă a fost introdusă de Mason [22], [23], uşor modificată de Coates [24] şi dezvoltată într-o serie de cărţi şi articole de

Mason [25], R. Cassignol [26], Boisvert [27], [28], Hoskins [29], [30] etc.

Ideea pe care se bazează Mason [22] este că orice ecuaţie liniară de forma :

$$x_i = (a_{ii} + 1)\, x_i + \sum_{j=2}^{n} a_{ij}\, x_j \qquad (1)$$

admite o reprezentare topologică unică. În tabela 1 s-a sintetizat corespondenţa care se poate stabili între o relaţie algebrică şi un graf topologic echivalent. Trebuie observat faptul că graful echivalent depinde de forma sub care se scrie ecuaţia şi de termenul x_i care se explicitează.

Pentru $j = 2, 3$ ecuaţia (1) poate fi scrisă sub formele :

$$x_1 = (a_{11} + 1)\, x_1 + a_{12}\, x_2 + a_{13}\, x_3 \text{ sau} \qquad (2a)$$

$$x_1 = -\frac{a_{12}}{a_{11}} x_2 - \frac{a_{31}}{a_{11}} x_3 \text{ sau} \qquad (2b)$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}\, x_3 = 0, \qquad (2c)$$

ecuaţii cărora le corespund, respectiv, grafurile din figura 1, a, b şi c.

Primul graf este cel dat de Mason, iar ultimul este dat de Coates. Graful introdus de Coates permite un calcul direct al amplificării, dar asupra acestui fapt se va reveni mai jos. Chow

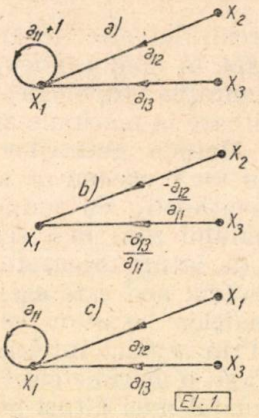


Fig. 1. Diferite grafuri corespunzătoare la trei forme diferite ale aceleiaşi ecuaţii.

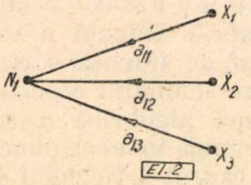


Fig. 2. Graf tip N.

şi Cassignol au introdus grafuri liniare mai generale, denumite N-grafuri. Metoda nodului nul, preconizată de aceştia, constă în faptul că în fiecare ecuaţie în locul lui zero se introduce nodul nul N. Astfel ecuaţia 2c devine : $a_{11}\, x_1 + a_{12}\, x_2 + a_{13}\, x_3 = N_1$, şi reprezentarea ei este cea din figura 2.

Introducînd zerourile drept variabile se obţine posibilitatea de a construi în mod univoc graful asociat unei ecuaţii, variabila explicitată fiind totdeauna nodul nul. Autorii arată în [26] care este modul de transformare a N-grafurilor în grafuri de fluenţă pentru semnale (Mason) sau C-grafuri (Coates). Grafurile de fluenţă se pot transforma în altele mai simple, bazîndu-ne pe posibilitatea de reducere a buclelor şi a laturilor, şi de concentrare a nodului, procedee care sînt exemplificate în tabela 1. Determinarea unor grafuri de fluenţă mai simple are drept scop determinarea amplificării (folosind terminologia utilizată în curenţi slabi) sau, mai general, a raportului dintre mărimea de la ieşire şi cea de la intrare. Bazîndu-se pe proprietăţile topologice ale grafului de bază şi pe rezultatele obţinute de Kirchhoff, atît Mason cît şi Coates au dat nişte formule care permit calculul direct al amplificării.

Aceste formule se bazează pe noţiunea de determinant al unui graf care se va expune în cele ce urmează.

În prealabil, se va arăta care este interpretarea geometrică ce poate fi asociată unui determinant.

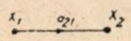
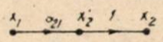
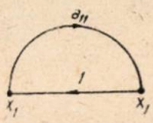
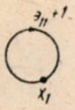
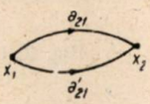
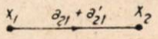
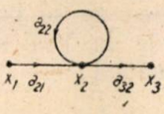
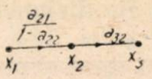
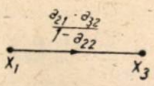
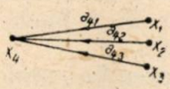
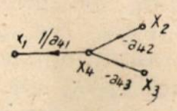
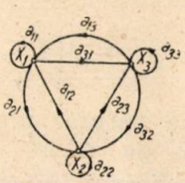
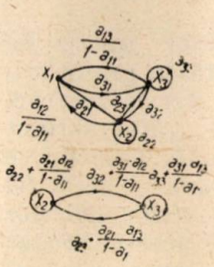
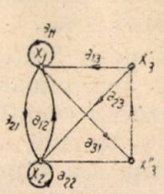
Să considerăm definiţia generală :

$$|\, a_{ij}\,| = \sum_{\nu=0}^{n} (-1)^I\, a_1\nu_1 \cdot a_2\nu_2 \ldots a_n\nu_n \qquad (3)$$

unde $\nu_1, \nu_2 \ldots \nu_n$ reprezintă o permutare a primelor n numere, iar I este numărul inversiunilor din şirul $\nu_1, \nu_2 \ldots \nu_n$ în raport cu şirul $1, 2, \ldots, n$.

În această expresie $n-m$ factori vor avea $\nu_i = i$, iar restul de m factori pot fi grupaţi într-un anumit număr de produse pe care le vom denumi bucle. Fie spre exemplu termenul $(-1)^2\, a_{12}\, a_{21}\, a_{33}\, a_{44}\, a_{56}\, a_{65}$ al unui determinant de ordinul $n = 6$ (se observă că şirul ν_i prezintă două inversiuni). Doi factori satisfac condiţia $\nu_i = i$ $(i = 3,4)$ şi formează ceea ce vom denumi o buclă de ordinul 1 sau o autobuclă. Ceilalţi patru factori pot fi grupaţi în $a_{12}\, a_{21}$ şi $a_{56}\, a_{65}$ şi îi vom denumi bucle de ordinul doi. În general vom spune că $a_{kj}\, a_{jl}\, a_{lk}$ defineşte o buclă de ordinul 3, $a_{kj}\, a_{jl}\, a_{ln}\, a_{nk}$ o buclă de ordinul 4 şi aşa mai departe. Deoarece un determinant prin definiţie nu poate conţine într-un anumit produs decît o singură dată un indice referitor la o linie sau la o coloană dată, rezultă, spre exemplu, că dacă un anumit produs conţine factorul a_{kj} (primul indice este cel de linie, şi cel de-al doilea, cel de coloană) nici un alt indice de linie nu mai poate fi egal cu k şi nici un alt indice de coloană nu mai poate fi egal cu j. Aceasta arată că diferitele bucle definite mai sus nu pot avea nici o latură (factorul a_{kj}) comună, cu alte cuvinte aceste bucle sînt disjuncte. Prin modul de definiţie a buclei de ordinul p se vede că ea implică $p-1$ permutări. Dacă un termen oarecare al determinantului are $n - m$ factori diagonali (bucle de ordinul 1) şi trei bucle de ordinul, respectiv, p,q şi r, unde $m = p + q + r$, atunci semnul termenului respectiv va fi dat de $(-1)^{p+q+r-3}$. În general, un termen care are $n-m$ factori nediagonali are semnul $(-1)^m$ sau $(-1)^{m-1}$, după cum numărul S al buclelor formate de factorii

Tabela 1

Relația algebrică	Graful echivalent	Graful transformat	Denumirea operației de transformare și relația algebrică echivalentă
$x_2 = a_{21}\, x_1$			duplicarea unui nod (diviziune) $x_2' = a_{21}\, x_1 ;\ x_2 = x_2'$
$x_1 = a_{11}\, x_1$			buclă proprie
$o = a_{11}\, x_1$ sau $x_1 = (a_{11} + 1)\, x_1$			
$x_2 = (a_{21} + a_{21}')\, x_1$			adunare
$x_3 = a_{32}\, x_2$ $x_2 = a_{21}\, x_1 + a_{22}\, x_2$			eliminare buclă $x_3 = a_{32}\, x_2$ $x_2 = \dfrac{a_{21}}{1 - a_{22}}\, x_1$
			eliminarea unui nod (produs) $x_3 = \dfrac{a_{32} \cdot a_{21}}{1 - a_{22}}\, x_1$
$x_4 = a_{41}\, x_1 + a_{42}\, x_2 + a_{43}\, x_3$			schimbare de variabilă $X_1 = \dfrac{1}{a_{41}} \cdot X_4 - \dfrac{a_{42}}{a_{41}}\, x_2 - \dfrac{a_{43}}{a_{41}} x_3$
$X_1 = a_{11}\, x_1 + a_{12}\, x_2 + a_{13}\, x_3$ $X_2 = a_{21}\, x_1 + a_{22}\, x_2 + a_{23}\, x_3$ $X_3 = a_{31}\, x_1 + a_{32}\, x_2 + a_{33}\, x_3$			eliminarea buclei în 1 și a nodului 1 $X_2 = \left[a_{22} + \dfrac{a_{21} \cdot a_{12}}{1 - a_{11}} \right] x_2$ $+ \left[a_{23} + \dfrac{a_{12} \cdot a_{13}}{1 - a_{11}} \right] x_3$ $X_3 = \left[a_{32} + \dfrac{a_{31} \cdot a_{21}}{1 - a_{11}} \right] x_2$ $+ \left[a_{33} + \dfrac{a_{31} \cdot a_{13}}{1 - a_{11}} \right] x_3$
			duplicarea unui nod

nediagonali este par sau impar (adică în general $(-1)^{n-s}$).

Dacă se consideră sistemul liniar:

$$\begin{aligned}(a_{11}-1)\,x_1 + a_{12}\,x_2 \ldots + a_{1n}\,x_n &= a_0 x_0\\ a_{21}\,x_1 + (a_{22}-1)\,x_2 \ldots + a_{2n}\,x_n &= 0 \qquad (4)\\ a_{n1}\,x_1 + a_{n2}x_2 \qquad + (a_{nn}-1)\,x_n &= 0\end{aligned}$$

vom scrie determinantul D al sistemului sub forma:

$$D = \sum_{m=o}^{n} (-1)^{n-m} \prod_{k=1}^{n-m} (1-a_{kk}) \prod_{i,j=1}^{m} (-1)^{m-s}\, a_{ij} \qquad i \neq j \neq k \qquad (5)$$

S fiind numărul buclelor în $\pi_{a_{ij}}$
sau

$$D = (-1)^n \left[1 - \sum_u T_u + \sum_{u,v} T_u T_v - \right.$$
$$\left. - \sum_{u,v,w} T_u T_v T_w + \ldots\right] = (-1)^n \Delta. \qquad (6)$$

Termenii de forma T_u definesc buclele de diferite ordine ale determinantului, inclusiv buclele de ordinul 1 (factori a_{kk}), păstrîndu-se condiţia ca două bucle oarecare să fie disjuncte (T_u este produsul transmitanţelor celei de-a u combinaţii a unei bucle). Putem să dăm expresiilor stabilite mai sus o formulare în terminologia grafului de fluenţă, dacă asociem factorii a_{kk} transmitanţelor buclelor proprii ale grafului şi produsului de r factori $a_{jk}, a_{ke} \ldots a_{nj}$, o buclă cu r laturi din graf avînd transmitanţele fiecărei laturi egale cu a_{jk}, respectiv, a_{kl} etc. Aceasta permite să determinăm direct după graf expresia determinantului Δ, în acest scop procedînd astfel:

În graful original se scot bucle în aşa fel încît: a) fiecare nod care există în graful original să existe şi în graful nou, dar să aparţină numai unei singure bucle; b) graful obţinut să conţină numai bucle disjuncte, care nu se ating. Pentru fiecare graf obţinut în acest fel se formează produsul transmitanţelor buclelor pe care le conţine şi se asociază acestui produs semnul plus sau minus, după cum numărul buclelor respective este par sau impar. În figura 3 este arătat un exemplu simplu de determinare directă a determinantului după graf.

Din cele de mai sus a rezultat posibilitatea determinării direct după graf a determinantului sistemului Δ. Pentru a rezolva ecuaţia (4) în raport cu necunoscuta x_m trebuie să calculăm determinantul Δ' obţinut aşa după cum se ştie înlocuind în Δ coloana corespunzătoare necunoscutei x_m (termenii a_{jm}) cu coloana termenului liber. Deci Δ' conţine numai acei termeni ai lui Δ care au o buclă ce include pe a_{1m} (deoarece prin substituţie în Δ' la toţi termenii a_{jm} pentru care $j \neq 1$ corespunde

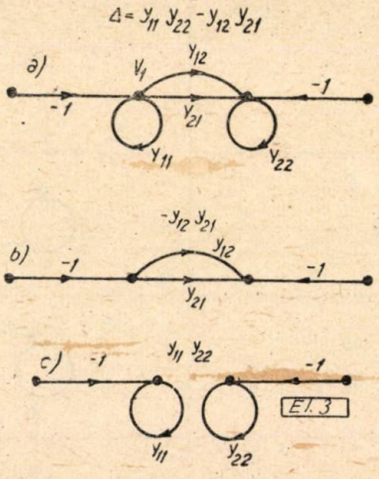


Fig. 3. Calculul determinantului reţelei după graf.

zero (4) pe coloana termenului liber). Unul dintre aceşti termeni poate fi scris a_0 ($a_{mp} \ldots a_{pq}\, a_{qr} \ldots a_{tn} \ldots a_{u1}$), unde paranteza defineşte ceea ce se poate denumi un circuit deschis de la 1 la m. În felul acesta Δ' poate fi scris astfel:

$$\Delta' = (-1)^n a_0 \left[- \sum_u C_u + \sum_{u,v} C_u T_v - \sum_{u,v,w} C_u T_v T_w + \ldots \right] = (-1)^{n+1} a_0 \sum_u C_u \left[1 - \sum_v T_v + \sum_{v,w} T_v T_w \ldots\right], \qquad (7)$$

unde C_u reprezintă un circuit deschis de la 1 la m, iar T_v o buclă care nu atinge circuitul deschis Cu.

Pentru calculul direct după graf al lui Δ' se duc mai întîi toate traseele care încep de la un anumit nod x_r şi se termină la alt nod x_m trecînd o singură dată prin nodurile intermediare. Se formează pentru fiecare traseu produsul transmitanţelor laturilor întîlnite şi apoi se însumează produsele obţinute pentru diferite drumuri. Se aleg apoi buclele T_v din graf, care nu se ating cu circuitul deschis C_{rm}, şi se formează expresia

$$C_{rm}\left(1 - \sum_v T_v + \sum_{v,w} T_v T_w\right).$$

Suma tuturor produselor de acest tip reprezintă pe Δ'.

Aplicarea grafurilor de fluenţă normalizate la studiul reţelelor electrice. Fie $i_k = (-1)^{-1} y_{ki} \cdot v_i$ (8) ecuaţia matricială a unei reţele electrice

unde $\delta = \begin{cases} 0 & k = i \\ 1 & k \neq i \end{cases}$, iar $y_{kk} = y_k + \sum_{i=1}^{n} y_{ki}$.

Presupunem că reţeaua este pasivă şi că se injectează curenţi numai în nodul 1; atunci

sistemul (8) poate fi scris sub forma (9) astfel:

$$v_1 = \frac{i_1}{y_{11}} + v_2\frac{y_{12}}{y_{11}} + v_3\frac{y_{13}}{y_{11}} + \ldots + v_n\frac{y_{1n}}{y_{11}}$$

$$v_2 = v_1\frac{y_{21}}{y_{22}} + v_3\frac{y_{23}}{y_{22}} + v_n\frac{y_{2n}}{y_{22}} \qquad (9)$$

$$v_n = v_1\frac{y_{n1}}{y_{nn}} + v_2\frac{y_{n2}}{y_{nn}} + \ldots v_{n-1}\frac{y_{n(n-1)}}{y_{nn}}$$

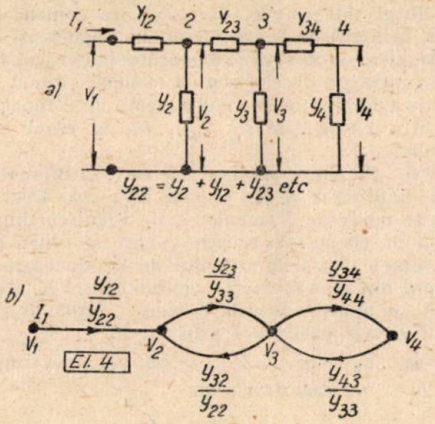


Fig. 4. Graful normalizat asociat unei rețele care se rezolvă pe cale nodală.

Sub această formă se poate stabili o corespondență biunivocă între nodurile rețelei și graful normalizat asociat, astfel încît admitanțelor $Y_{ik} = Y_{ki}$ între nodurile i și k să le corespundă în graf două laturi, și anume una mergînd de la v_i și v_k, și cealaltă mergînd de la v_k la v_i și avînd, respectiv, transmitanțele Y_{ik}/Y_{kk} și Y_{ki}/Y_{ii}.

Această corespondență, așa cum a arătat Boisvert [27], permite o construcție imediată a grafului normalizat asociat unei anumite rețele, după cum se arată în figura 4. Demonstrația generală dată de Robert [28] este următoarea:

Să considerăm matricea $Y = \|Y_{ki}\|$ ca fiind suma

$$Y = N + T, \qquad (10)$$

unde $N =$

$$= \begin{bmatrix} Y_{11} & 0 \ldots 0 \\ 0 & Y_{22} \ldots 0 \\ 0 & 0 \ldots Y_{nn} \end{bmatrix} \text{ și } T = \begin{bmatrix} 0 & -Y_{12} \ldots -Y_{1n} \\ -Y_{21} & 0 \ldots -Y_{2n} \\ -Y_{n1} & -Y_{n2} \quad 0 \end{bmatrix}$$

Ecuația matricială (8) devine:

$$I = NE + TE \qquad (11)$$

sau

$$E = N^{-1} I - N^{-1} TE.$$

Dacă curenții aplicați în noduri sînt nuli aceasta se reduce la ecuația (16):

$$E = -N^{-1} TE, \qquad (12)$$

unde

$$-N^{-1} T = \begin{bmatrix} 0 & \frac{y_{12}}{y_{11}} \ldots \frac{y_{1n}}{y_{11}} \\ \frac{y_{21}}{y_{22}} & 0 \ldots \frac{y_{2n}}{y_{22}} \\ \frac{y_{n1}}{y_{nn}} & \frac{y_{n2}}{y_{nn}} \ldots 0 \end{bmatrix}.$$

După figura 4, aplicînd regula lui Mason, se obține:

$$v_2 = \frac{1}{\Delta}\frac{y_{12}}{y_{22}} D_1 v_1; \quad v_3 = \frac{1}{\Delta}\frac{y_{12}y_{23}}{y_{22}y_{33}} D_2 v_1;$$

$$v_4 = \frac{1}{\Delta}\frac{y_{12}\,y_{23}\,y_{34}}{y_{22}\,y_{33}\,y_{44}} D_3 v_1;$$

$$\Delta = 1 - \frac{y_{23}^2}{y_{22}\,y_{33}} - \frac{y_{34}^2}{y_{33}\,y_{44}}; \quad D_1 = 1 - \frac{y_{34}^2}{y_{33}\,y_{44}}; \qquad (13)$$

$$D_2 = 1; \quad D_3 = 1 - \frac{y_{23}^2}{y_{22}\,y_{33}}.$$

Determinanții D_i provin din graful care rămîne după ce a fost înlăturat traseul dintre nodul de intrare (în cazul nostru nodul 1) și nodul i. Reamintim că expresia care înmulțește pe D_i nu reprezintă altceva decît C_{1i}, adică produsul transmitanțelor tuturor circuitelor deschise (în cazul nostru numai un singur circuit) care leagă nodul 1 de nodul i.

Dacă există mai multe surse se aplică principiul suprapunerii. Metoda arătată mai sus se pretează la o programare pe un calculator digital. În cazul în care transmitanțele sînt numere complexe se dublează nodurile în așa fel încît să se asocieze la o jumătate din noduri părțile reale și la cealaltă jumătate, părțile imaginare ale transmitanțelor. Studiul rețelelor electrice de curenți tari se poate face pe baza grafurilor de fluență descompunînd rețeaua în structuri de cvadripoli. Grafurile asociate cvadripolului au fost detaliat examinate de o serie de cercetători [25], [26], [27] și aplicația lor în domeniul electrotehnicii curenților tari a fost arătată de Robert [28].

Aplicația grafurilor de fluență a fost extinsă și la rețele active sau cu inductanțe mutuale pe baza introducerii elementelor (surselor) de tensiune și de curent [31].

Între un graf de fluență și o digramă-bloc există un anumit paralelism, dar graful de fluență este net superior diagramelor-bloc [26], [31], [33].

Diagrama-bloc reprezintă, după cum se știe, o schemă de legături a diferitelor aparate și dispozitive ce constituie sistemul și care sînt figurate sub formă de dreptunghiuri. Liniile care leagă aceste dreptunghiuri indică relațiile logico-organizatorice ale ansamblului. Graful de fluență în schimb este o sechemă a ecuațiilor sistemului a căror structură topologică este

asemănătoare cu cea a sistemului fizic. Trebuie făcută o distincție între asemănare structurală sau omologie, pe de o parte, și asemănare funcțională sau analogie, pe de altă parte [34]. Un model se definește ca fiind un sistem care are anumite trăsături comune cu prototipul, iar un „model adevărat" [34] este în același timp un model omolog și analog. Avantajul esențial al grafului de fluență este tocmai faptul că el constituie un „model adevărat" al sistemului.

Există în prezent tendința utilizării și a altor modele, cum ar fi schemele de structură cu blocuri operaționale folosite în tehnica reglajului [35]. Scheme structurale foarte apropiate de grafurile de fluență — în care elementele diferențiale sînt notate prin puncte amplasate pe legătura variabilei respective — au fost folosite de Galperin pentru sinteza sistemelor automate [36].

În prezent grafurile de fluență au aplicații largi atît în electrotehnică și tehnica reglajului [38], [39], cît și în programarea calculatoarelor numerice [49] sau în probleme legate de inversiunea matricelor [41].

Modul nostru de prezentare a grafului de fluență a fost oarecum algebric [29], [30], [42], [43], și anume ca o funcție caracteristică ce rezultă din dezvoltarea unui determinant. Este important de reținut că pentru o rețea electrică, ce nu este prea complicată, dezvoltarea determinantului rețelei se poate obține din arborii rețelei [44]. Aceasta face pe unii cercetători [45] să considere graful de fluență ca un rezultat al metodelor topologice de studiu și, fără îndoială, acest punct de vedere este corect. Topologia rețelelor electrice are însă implicații mult mai largi, și acest lucru se va arăta într-un alt articol.

ANEXA 1

Demonstrații

Dovada 1. Fie μ cel mai mic număr de conductoare care trebuie înlăturate dintr-un sistem arbitrar astfel încît să dispară orice circuit (figură închisă). Atunci μ reprezintă de asemenea numărul ecuațiilor independente care pot fi stabilite utilizînd teorema 1.

Se observă că în cadrul acestei dovezi Kirchhoff introduce sub o formă neexplicitată noțiunea de arbore și coarbore *) și el determină numărul circuitelor independente pe baza numărului corzilor coarborelui.

El arată în continuare că aceste ecuații sînt independente „deoarece fiecare conține o necunoscută care nu mai apare în celelalte", cele μ circuite fiind obținute prin adăugarea succesivă a cîte unei singure corzi la arborele rețelei. În continuare se demonstrează că „fiecare figură închisă poate fi obținută din cele μ circuite de bază" (a căror determinare este totuși arbitrară; în terminologia recentă se poate spune că arborele de la care se pleacă pentru stabilirea sistemului de ecuații este arbitrar).

Dovada 2. Deoarece teoremele 1 și 2 trebuie să furnizeze numărul de ecuații pentru determinarea curenților $I_1, I_2 \ldots I_n$, aceste ecuații, pe baza celor demonstrate mai sus, vor fi următoarele:

$$\text{n ecuații} \begin{cases} \sum_{i=1}^{\mu} \alpha_i^j Z_i I_i = \sum_{i=1}^{\mu} \alpha_i^j E_i \quad j = 1,2 \ldots \mu \{ \mu \text{ ecuații} \\ \sum_{i=\mu+1}^{n} \alpha_i^j I_i = 0 \quad j = \mu+1, \mu+2 \ldots n \{ n-\mu \text{ ecuații} \end{cases} \quad (1)$$

unde:

$$\alpha_i^j = \begin{cases} +1 \\ -1 \\ 0 \end{cases}, \text{ iar } \mu \text{ are semnificația de mai sus.}$$

Se observă că prin introducerea coeficienților α_i^j se introduce implicit noțiunea de matrice de incidență.

Kirchhoff arată că "numitorul cantităților I este o funcție omogenă de gradul μ de $Z_1, Z_2 \ldots Z_n$ care conține pe fiecare Z liniar și, în afară de Z, conține numai coeficienți numerici.

De asemenea se observă că numărătorul fiecărui I se obține prin combinația produselor a $\mu-1$ elemente din $Z_1, Z_2 \ldots Z_n$, unde fiecare combinație este multiplicată cu o funcție liniară omogenă din cantitățile $E_1, E_2 \ldots E_n$ ai căror coeficienți sînt numere".

Dovada 3. „Trebuie observat că este indiferent dacă se scoate un conductor K sau se face $Z_k = \infty$. Deci expresia unui curent oarecare I trebuie să fie identică după substituția $Z_k = \infty$ cu soluția ecuațiilor care se obțin prin aplicarea teoremei 1 și 2 la sistemul de conductoare obținute din sistemul dat prin scoaterea conductorului K. De altfel I_k trebuie să se anuleze pentru $Z_k = \infty$. Împărțind numărătorii și numitorii valorilor I prin $Z_1, Z_2, \ldots Z_{\mu-1}$ și făcînd apoi $Z_1 = \infty$, $Z_2 = \infty \ldots Z_{\mu-1} = \infty$ valoarea unui curent oarecare I_λ se va transforma în:

$$(I_\lambda) = \frac{A^{\lambda}_{1,2\ldots\mu-1}}{a_{1,2\ldots\mu-1,\mu} Z_\mu + a_{1,2\ldots\mu-1,\mu+1} Z_{\mu+1} + \cdots + a_{1,2\ldots\mu-1,n} Z_n} \quad (2)$$

unde $A^{\lambda}_{1,2\ldots\mu-1}$ este funcția valorilor E care multiplică pe $Z_{k1}, Z_{k2} \ldots Z_{k\mu-1}$, iar $a_{k_1,k_2,k_3\cdots k\mu}$ sînt coeficienții expresiilor $Z_{k1}, Z_{k2} \ldots Z_{k\mu}$.

Să considerăm acum ecuațiile stabilite prin aplicarea teoremelor 1 și 2 la sistemul de conductoare rămas după scoaterea a $\mu-1$ conductoare, pentru determinarea curenților $I'_\mu, I'_{\mu+1}, I'_{\mu+2} \ldots I'_n$. Numitorul comun al cantităților I' este o funcție de grad μ' de $Z_\mu, Z_{\mu+1} \ldots Z_n$, iar numărătorii sînt funcții de grad $\mu'-1$ a acelorași argumente. Datorită modului de definiție a lui μ trebuie ca $\mu' = 1$ sau $\mu' > 1$. Kirchhoff arată, în continuare, că datorită condiției $(I_\lambda) = I'_\lambda$ ipoteza $\mu' > 1$ trebuie înlăturată și deci $\mu' = 1$ adică I'_λ are forma:

$$I'_\lambda = \frac{E_{\lambda_1} + E_{\lambda_2} \ldots + E_{\lambda_\nu}}{Z_{\lambda_1} + Z_{\lambda_2} \ldots Z_{\lambda_\nu}} \quad (3)$$

unde $\lambda_1\ \lambda_2 \ldots \lambda_\nu$ sînt conductoarele singurei figuri închise rămase.

Dovada 4 are drept scop să determine „factorii cu care se multiplică produsul $Z_1, Z_2 \ldots Z_{\mu-1}$ de la numitorul și numărătorii valorilor I, în cazul cînd este îndeplinită condiția, ca după înlăturarea celor 1, 2... $\mu-1$ conductoare să nu rămînă decît o singură figură închisă.

Numitorul lui I_λ' față de cel al lui (I_λ) nu trebuie să difere decît cu un factor numeric. Deci dintre cantitățile $a_{1,2\cdots\mu-1,\mu}$, $a_{1,2\cdots\mu-1,\mu+1} \ldots a_{1,2\cdots\mu-1,n}$ dispar toate, cu excepția lui $a_{1,2\cdots\mu-1,\lambda_1}, a_{1,2\cdots\mu-1,\lambda_2} \ldots a_{1,2\cdots\mu-1,\lambda_\nu}$ și în plus toate aceste cantități trebuie să fie egale între ele. Deducem din acestea următoarele:

1) Coeficientul produsului $Z_{k1}, Z_{k2} \ldots Z_{k\mu}$ de la numitorul lui I poate fi diferit de zero numai dacă toate figurile închise dispar prin înlăturarea conductoarelor $K_1, K_2 \ldots K_\mu$.

2) Produsele care îndeplinesc condițiile respective și care conțin $\mu-1$ factori Z trebuie să aibă același coeficient.

3) Oricare dintre cele două produse $Z_{k_1}, Z_{k_2} \ldots Z_{k\mu}$ și $Z'_{k1}\, Z'_{k2} \ldots Z'_{k\mu}$ au la numitorul lui I același coeficient, dacă orice

*) Prin arbore se înțelege subrețeaua conexă care conține toate nodurile rețelei date dar nici un circuit închis. Prin coarbore sau compliment al unui arbore se înțelege mulțimea tuturor elementelor care nu aparțin arborelui; aceste elemente se numesc corzi.

figură închisă dispare prin înlăturarea conductoarelor K_1, $K_2 \ldots K_\mu$, precum și a conductoarelor K_1', $K_2' \ldots K_\mu'$.

„Am demonstrat prin aceasta că numitorul comun al valorilor I este suma produselor tuturor μ elemente Z_{k1}, $Z_{k2} \ldots Z_{k\mu}$ din șirul Z_{k1}, $Z_{k2} \ldots Z_{kn}$, care are proprietatea că prin îndepărtarea conductoarelor K_1, $K_2 \ldots K_\mu$ nu mai rămîne nici o figură închisă. Această sumă este înmulțită cu un coeficient numeric care poate fi pus egal cu 1 dacă luăm $A^{\lambda}_{1,2,\ldots\mu-1} = E_{\lambda 1} + E_{\lambda 2} \ldots + E_{\lambda\nu}$;

4) În caz contrar dacă λ se găsește printre λ_1, $\lambda_2 \ldots \lambda_\nu$ și $A_{1,2\ldots\mu-1} = 0$.

Dovada 5 arată că $\mu = n - m + 1$ dacă sistemul de conductoare este simplu conex, unde n este numărul laturilor și m numărul nodurilor, iar μ are semnificația de mai sus.

S-a arătat că μ este numărul ecuațiilor independente care poate fi determinat pe baza teoremei 1. Numărul ecuațiilor independente pe care trebuie să ni le dea teorema 2 trebuie să fie $n - \mu$. Se poate demonstra că $n - \mu = m - 1$. Într-adevăr, mai mult de $m - 1$ ecuații independente nu pot fi obținute din teorema 2, căci dacă aplicăm teorema 2 la toate cele m noduri fiecare curent (I) apare de două ori în ecuațiile astfel formate, și anume o dată cu coeficientul $+1$ și cealaltă dată cu -1; deci suma tuturor ecuațiilor conduce la identitatea $0 \equiv 0$. Ecuațiile obținute prin aplicarea acestei teoreme la $m - 1$ noduri sînt, pe de altă parte, independente căci una sau mai multe din necunoscute apar numai o singură dată.

Bibliografie

[1] *Cherry, E. C.* Generalized concepts of networks, Symposium on modern network synthesis Brooklin vol. **3**. New York, 1954, p. 175—184.

[2] *Graybeal, T. D.* Block diagram network transformation. In: Trans. A.I.E.E. **70**, 1951, p. 985—990.

[3] *Stout, M. T.* A block diagram approach to network analysis. In: Trans. A.I.E.E. **71**, part. II, nov 1952, p. 255—260.

[4] *Trent, H. M.* Isomorphisms between oriented linear graphs and lumped physical systems. In: Jour. Acoustical soc. America, **27**, nr. 3, mai 1955, p. 500—527.

[5] *Kirchhoff, G.* Ueber die Aufloesung der Gleichungen, auf welche man bei der Untersuchung der linearen Verteilung Galvanischer Stroeme gefuehrt wird. In: Poggendorffs Annalen, **72**, 1847, p. 497—508 (trad. în engleză de J. B. O'Toole. În Trans. I.R.E. CT 5, nr.1, mart 1958, p. 4—7).

[6] *Kirchhoff, G.* Ueber den Durchgang eines elektrischen Stromes durch eine Ebene. In: Poggendorffs Annalen, **64**, 1845, p. 513.

[7] *Bryant, P. R.* The algebra and topology of electrical networks. In: Proc. I.E.E., **103**, part. C, nr. 13, mart 1961. p. 215—229.

[8] *Maxwell, J. C.* Electricity and magnetism, vol. **1**. Oxford, Clarendon Press. Ed. 3 a, 1964.

[9] *Franklin, P.* The electric current in a network. In: Jour. Math. Physics, 4, apr 1925, p. 97—102.

[10] *Foster, R. M.* Geometrical circuits of electrical networks. In: Trans. A.I.E.E. **51**, apr 1932, p. 309—317.

[11] *Whitney, H.* The coloring of graphs. In: Proc. Nat. Acad. Sci, **17**, 1931, p. 122—125.

[12] *Whitney, H.* Non separable and planar graphs, In: Proc. Nat. Acad. Sci, **17**, nr. 2, feb 1931, p. 125—127.

[13] *Whitney, H.* Planar graphs. In: Fundamenta mathematicae, **21**, 1933, p. 73—84.

[14] *Ku, Y. H.* Extension of Maxwell's rule for analysing electrical networks. In: Science report of National Tsing University (China), seria A, vol. **1**, nr. 6, dec 1932.

[15] *Ku, Y. H.* Resume of Maxwell's and Kirchhoff's rules for network analysis. In: Jour. Franklin Institute, 253, 1952, p. 211.

[16] *Weinberg, L.* Kirchhoff's third and fourth laws. In: Trans. I.R.E. CT **5**, nr. 1, mart 1958, p. 8—30.

[17] *Cauer, W.* Theorie der linearen Wechselstromschaltungen. Berlin, Akademie Varlag, 1954.

[18] *Cauer, W.* Untersuchungen über ein Problem, dass drei positiv definite quadratische Formen mit Strecken Komplexen in Beziehung setzt. In: Math. Annalen, **105** 1931, p. 86—132.

[19] *Bayard, M.* Théorie des réseaux de Kirchhoff. Paris, Edition de la Revue d'Optique, 1954.

[20] *Nathan, A.* A proof of the generalized topological Kirchhoff's rules. In: Proc. I.E.E. **109**, part C, nr. 15, mart 1962, p. 45—50.

[21] *Foster, R. M.* Topologic and algebric considerations in network synthesis. Symposium on modern network synthesis Brooklin, vol. **1**, New York, 1952, p. 8—18.

[22] *Mason, S. J.* Feedback theory — some properties of signal flow graphs. În: Proc. I.R.E. **41**, nr. 9, sept 1953, p. 1144—1156.

[23] *Mason, S. J.* Feedback theory-further properties of signal flow graphs. In: Proc. I.R.E. **44**, nr. 7, 1956, p. 920—926.

[24] *Coates, C. L.* Flow-graph solutions of linear algebraic equations. In: Trans. I.R.E. CT 6, iun 1959, p. 170—187.

[25] *Mason, S. J.* și *Zimmermann, H. J.* Electronic circuits, signals and systems. New York, Wiley, 1960.

[26] *Chow, Y.* și *Cassignol, E.* Linear signal flow graphs and applications. New York, Wiley, 1962.

[27] *Robichaud, P. A., Boisvert, M.* și *Robert, J.* Graphes de fluence. Paris, Eyrolles, 1961.

[28] *Robert, J.* Application des graphes de fluence à l'étude des réseaux électriques. In: R.G.E. nr. 3, mart 1963, p. 155—163.

[29] *Hoskins, R. F.* Flow graphs, signal flow graphs, and graph determinants. În: Proc. I.E.E. **109**, part. C, nr. 15, mart 1962, p. 263—269.

[30] *Hoskins, R. F.* Signal flow graph analysis and feedback theory. În: Proc. I.E.E. **108**, part. C, nr. 13, mart 1961, p. 12—19.

[31] *Wan Hee Kim.* Application of graph theory to the analysis of active and mutually coupled network. In: Jour. Franklin Inst. **271**, nr. 3, mart 1961, p. 200—221.

[32] *Vafiadis, G.* Aufbau und Deutung des Signalflussbildes. In: VDI — Z. **104**, nr. 29, 11 oct 1962, p. 1501—1506.

[33] *Oelker, R.* Das Strukturbild aus der Regelungstechnik als Arbeitsmittel des Ingenieurs. In: VDI-Z **104**, nr. 29 11 oct 1962, p. 1476—1487.

[34] *Jones, R. W.* Models, Analogues and Homologues Regelungstechnik, Bericht über die Tagung in Heidelberg 25—29 sept 1959. München, Verlag Oldenbourg, 1957, p. 326—329.

[35] *Krochmann, E.* Blockschaltbilder und Strukturbilder von Schaltungssystemen. Bericht über die Tagung in Heidelberg. 25—29 sept 1959, München, Verlag Oldenbourg, 1957, p. 50—56.

[36] *Galperin, I. I.* Sintez sistem avtomatiki. GEI, 1960, cap. 2.2.

[37] *Gerecke, E.* Signalfluss-und Linienflussbilder (Graphen) in Hochschulunterricht. In: VDI — Z. **104**, nr. 29, 11 oct 1962, p. 1488—1495.

[38] *Weinberg, L.* Fundamentals of linear graphs and their aplications to networks without transformers. In: Alta Frequenza, **30**, nr. 10, oct 1961, p. 726—739.

[39] *Becker, S. M.* System gain from signal flow graphs. In: Control eng. **10**, nr. 6, 1963, p. 83—84.

[40] *Karp, R. M.* A note on the application of graph theory to digital computing programming. In: Inform. control, **3**, nr. 2, 1960, p. 179—190.

[41] *Iakob, S. P.* Systematic matrix inversion by signal flow graph. În: Proc. I.R.E. **59**, nr. 12, dec 1962, p. 2511—2512.

[42] *Nathan, A.* Algebraic approach to signal flow graphs. In: Proc. I.R.E. **46**, nr. 12, dec 1958, p. 1955—1956.

[43] *Nathan, A.* A proof of the topological rules of signal-flowgraph analysis. În: Proc. I.E.E. **109**, part, C, nr. 15, mart 1962, p. 83—85.

[44] *Bonner, R. E., Kosowsky, L. H.* și *Ordung, P. F.* Functional characteristics of a node determinant. In: Jour. Franklin Institute, **265**, nr. 5, mai 1958, p. 395—406.

[45] *Papadache, I.* Studiul sistemelor de reglare prin metode topologice. În: Automatica și Electronica, **7**, nr. 3, mai-iun 1963, p. 97—99.

Intrat în redacție la 10. IX. 1964.

Contribuţii la studiul proprietăţilor dielectrice ale unor materiale plastice fabricate din materii prime indigene

Emil Lăzărescu* — Iaşi

CZ 621.315.616.96 (498): 621.317.333.015.5

Eforturile depuse în ultimii ani la fabricarea materialelor electroizolante cu calităţi superioare pentru cutii terminale, manşoane şi cabluri de forţă tind nu numai la mărirea rezistenţei mecanice şi termice, ci mai ales la îmbunătăţirea proprietăţilor lor dielectrice.

În acest sens, noile cercetări au scos în evidenţă proprietăţile dielectrice excepţionale ale unor materiale plastice.

În ultimele luni s-au început şi la I.R.E.— Iaşi o serie de cercetări cu privire la studiul materialelor plastice fabricate în ţară, cu proprietăţi adecvate pentru umplerea cutiilor terminale şi a manşoanelor de legătură pentru cablurile de 1—10 kV, cum şi pentru alte utilizări. Aceste materiale sînt fabricate în mod curent în ţara noastră.

Principalele dezavantaje pe care le prezintă izolaţia clasică a actualelor cabluri de forţă, cutii terminale şi manşoane de legătură sînt următoarele:

— permit pătrunderea umidităţii, ceea ce reduce nivelul izolaţiei şi face posibilă deteriorarea cablurilor;

— rezistenţă slabă la variaţiile de temperatură ale mediului exterior, ceea ce constituie o sursă sigură de defecte, permit crearea de goluri în masa izolantă a cutiei terminale mai ales în timpul orelor cu sarcină electrică minimă;

— permit creşteri locale ale solicitării dielectrice avînd ca urmare ionizări, supraîncălziri locale, străpungerea şi chiar arderea masei izolante care umple în prezent cutiile terminale şi manşoanele de legătură ale cablurilor electrice.

Pentru a înlătura aceste dezavantaje în sectoarele amintite, ca şi pentru alte utilizări ale materialelor plastice în diverse sectoare ale electrotehnicii, autorul şi-a propus să cerceteze într-o primă etapă experimentală proprietăţile dielectrice ale unor materiale plastice fabricate din materii prime indigene.

Materialele plastice cercetate sînt în majoritatea lor produse ale întreprinderilor din ţară, permiţînd utilizarea lor largă în viitor ca materiale electroizolante, dacă proprietăţile lor dielectrice pe care le vom cerceta vor justifica acest lucru.

Acest articol urmăreşte să prezinte în mod succint concluziile asupra proprietăţilor dielectrice rezultate în urma măsurărilor pe care autorul le-a făcut asupra următoarelor materiale plastice: policlorură de vinil, aminoplaste pe bază de uree — formaldehidă, răşini fenol — formaldehidice — denumite şi fenolplaste, cum şi răşini de polimerizare cunoscute sub numele de polistiren.

Se va studia variaţia permitivităţii dielectrice şi a tangentei unghiului de pierderi tg δ, în funcţie de temperatură, pentru regimuri de încălzire cuprinse între 20° şi 160°C şi frecvenţe de 1 000 kHz şi 8 600 kHz; se va căuta să se afle temperatura limită de funcţionare pentru diversele materiale plastice studiate. Din aceleaşi grafice se va încerca să se explice cauzele variaţiei lui ε şi tg δ, se vor face aprecieri asupra calităţilor dielectrice ale materialelor studiate şi se vor da cîteva recomandări pentru eventualele lor utilizări. Materialele plastice cercetate au fost procurate de către laboratorul de produse macromoleculare al Facultăţii de chimie industrială din Iaşi şi de către Fabrica de prelucrare a materialelor plastice — Iaşi.

Metoda de măsurare şi aparatura întrebuinţată

1. *Metoda de măsurare a permitivităţii dielectrice* este o metodă de bătăi pentru măsurarea unor capacităţi (1, 2, 3). Deoarece metoda de măsurare a fost descrisă detaliat în lucrarea indicată în bibliografie [1], în acest articol se va face o descriere succintă a aparaturii folosite.

Au fost utilizate două oscilatoare de unde scurte G1 şi G2 aproape identice, construite după montajul Hartley, alimentate în derivaţie; generatorul G1 a fost stabilizat de un cuarţ (1 000 kHz, $\lambda = 300$ m). Acesta generează oscilaţii de frecvenţă invariabilă (fig. 1).

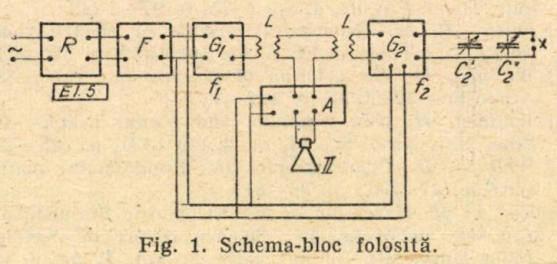


Fig. 1. Schema-bloc folosită.

În derivaţie cu unul dintre condensatoarele variabile ale circuitului oscilant al oscilatorului G2 nestabilizat au fost montate condensatoarele C_0, C_1 şi C_x.

Condensatorul C_0 este un condensator cilindric etalon şi serveşte la măsurarea unor variaţii fine de capacitate.

* Ing. *E. Lăzărescu* lucrează la serviciul tehnic I.R.E.— Iaşi.

Condensatorul C_1 este un condensator variabil și servește la măsurarea unor variații mari de capacitate. Condensatorul plan C_x asupra căruia se fac măsurările este format din două plăci de aluminiu. Între armăturile acestuia se introduce dielectricul de studiat.

Valoarea constantei dielectrice a materialelor izolante se poate calcula folosind expresia :

$$\varepsilon = \frac{C_x}{C_0},$$

în care C_x este capacitatea probei dielectrice și C_0 reprezintă capacitatea care s-ar fi obținut la aceleași dimensiuni ale electrozilor, păstrînd aceeași distanță între ei, dacă dielectricul ar fi fost vid sau aer. Această expresie este justă pentru dielectrici cu electrozi de orice formă.

2. *Metoda de măsurare a pierderilor dielectrice.* Măsurarea tangentei unghiului de pierderi la materialele plastice studiate s-a făcut concomitent și pentru constanta dielectrică.

Măsurările s-au făcut cu o punte Schering (montajul de înaltă tensiune și montajul de joasă tensiune) la frecvența de 50 Hz.

Ulterior s-au făcut măsurări și la frecvențe de 1 000 și 8 600 kHz, folosind un montaj de rezonanță cu capacități. Pierderile dielectrice au fost măsurate printr-o metodă de variație a rezistenței reactive.

Montajul din figura 2 se compune dintr-un generator G1 de unde scurte, de tip Coolpits

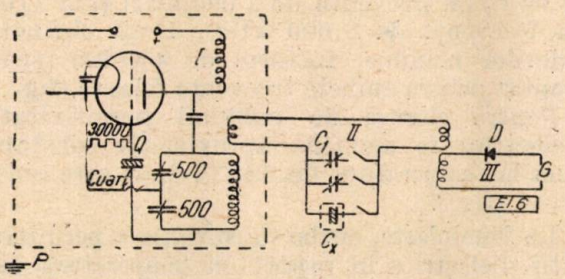


Fig. 2. Schema electrică folosită pentru măsurarea pierderilor electrice.

modificat, alimentat în derivație. Oscilatorul a fost stabilizat cu un cuarț piezoelectric (1 000 kHz și $\lambda = 300$ m). Rezistența neinductivă a circuitului de măsură *II* s-a determinat după lățimea curbei de rezonanță (fig. 3).

Se face acordul circuitului pînă la rezonanță (fără materialul studiat).

Se determină apoi semilățimea benzii curbei de rezonanță a circuitului *I* (fără probă cu dielectric), așa cum se arată în figura 3.

După introducerea materialului dielectric se aduce din nou circuitul la rezonanță cu ajutorul lui C_1 și C_2 și se măsoară semilățimea benzii circuitului *II* (fig. 3). Tangenta unghiului de pierderi dielectrice s-a calculat apoi după expresia :

$$\operatorname{tg}\delta = \omega \cdot C_x \cdot r_x = \frac{\Delta c \cdot \Delta I}{2 C_x \cdot I_{02}},$$

în care valorile lui ΔC, ΔI, C_x și I_{02} se iau din graficele curbelor de rezonanță obținute experimental (fig. 3).

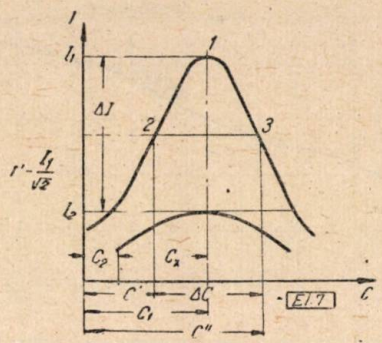


Fig. 3. Curba de rezonanță.

Rigiditatea dielectrică a fost determinată după metoda cunoscută din literatura de specialitate.

Rezultatele experimentale obținute

S-a determinat întîi influența frecvenței, concomitent cu aceea a temperaturii asupra permitivității și tangentei unghiului de pierderi la toate materialele plastice studiate. Măsurările s-au făcut în cele mai multe cazuri pentru două frecvențe : 1 000 și 8 600 kHz.

Rezultatele experimentale obținute sînt date sub formă de grafice în figurile 4, 5, 6, 7 și 8.

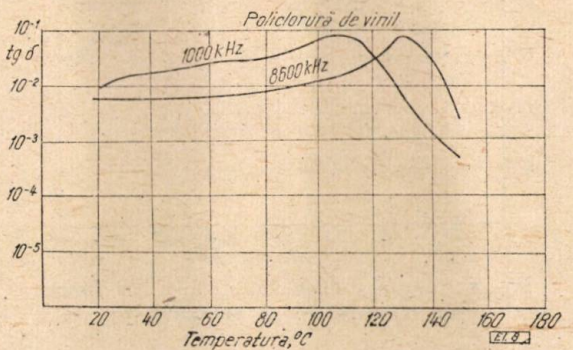


Fig. 4. Variația tangentei unghiului de pierderi cu temperatura la policlorura de vinil.

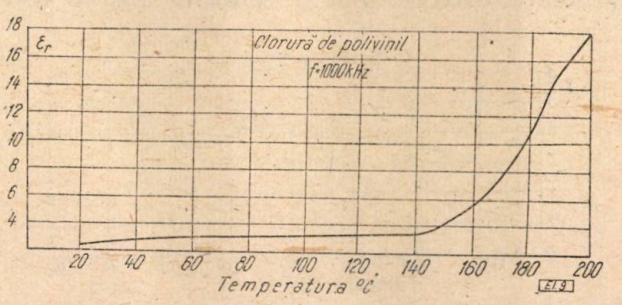


Fig. 5. Permitivitatea dielectrică funcție de temperatură, la clorura de polivinil.

Rezultatele experimentale obținute pentru rigiditatea dielectrică arată că pentru policlorura de vinil este de 140 kV/cm, pentru

aminoplaste de 110 kV/cm, pentru fenoplaste de 174 kV/cm, iar la polistiren de 160 kV/cm, la 20°C.

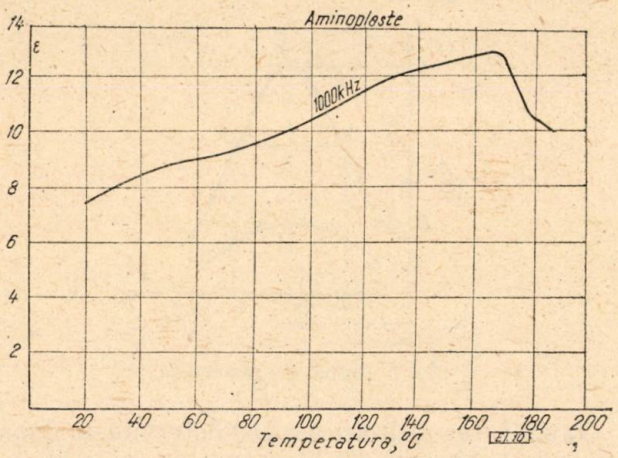


Fig. 6. Permitivitatea dielectrică funcţie de temperatură, la aminoplaste.

Rezultatele experimentale obţinute au pus în evidenţă temperatura limită de funcţionare de la care pierderile dielectrice cresc în mod accentuat.

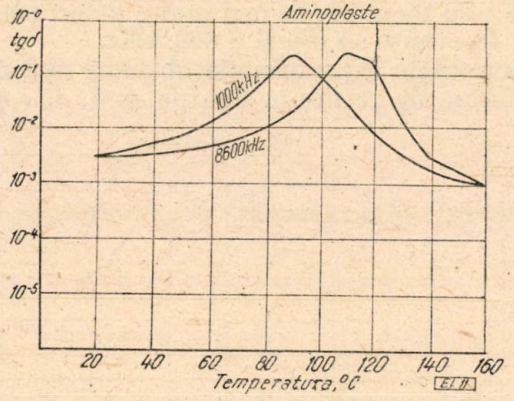


Fig. 7. Tangenta unghiului de pierderi funcţie de temperatură, la aminoplaste.

Se constată că aminoplastele şi polistirenul sînt cele mai bune materiale plastice din cele studiate. Acestea pot fi utilizate atît în con-

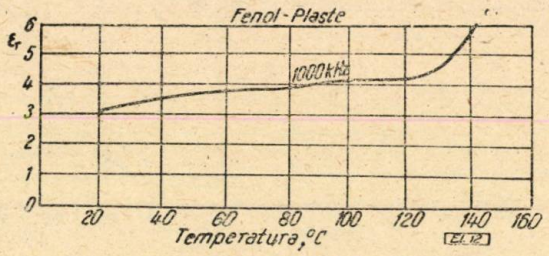


Fig. 8. Permitivitatea dielectrică funcţie de temperatură, la fenolplaste.

strucţia cutiilor terminale şi manşoanelor de legătură pentru cablurile electrice de 1—10 kV, cît şi în alte sectoare ale electrotehnicii. Din graficele experimentale obţinute rezultă că pierderile dielectrice la policlorura de vinil se menţin aproximativ constante pînă la o temperatură de 80°C, după care încep să crească ajungînd la un maxim de 110°C (pentru f = = 1 000 kHz), şi la 130°C (pentru f = 8 600 kHz) (fig. 4). După atingerea valorii maxime la creşterea temperaturii, factorul de pierderi pentru clorura de polivinil scade brusc.

Din graficele ce redau variaţia tangentei unghiului de pierderi în raport cu temperatura şi frecvenţa se observă că la aminoplaste pierderile dielectrice se menţin la o valoare relativ redusă pînă la o temperatură de 60—70°C.

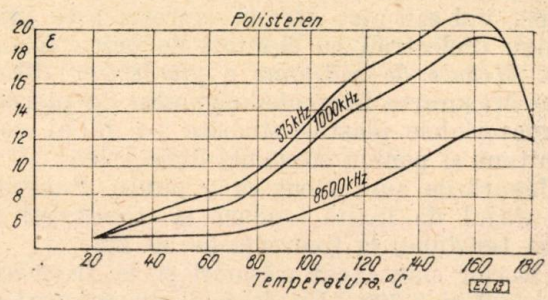


Fig. 9. Permitivitatea dielectrică funcţie de temperatură la polistiren.

Valorile maxime ale tangentei unghiului de pierderi se obţin la aminoplaste, la temperatura de 90°C (la frecvenţa de 1 000 kHz) şi la 110°C (la frecvenţa de 8 600 kHz). După obţinerea valorilor maxime, factorul de pierderi scade treptat pentru ambele frecvenţe folosite (fig. 7).

Pentru clorura de polivinil permitivitatea dielectrică se menţine aproximativ constantă pînă la temperatura de 145°C, după care creşte brusc (fig. 5).

La fenolplaste, curba de variaţie a permitivităţii dielectrice în raport cu temperatura este foarte asemănătoare cu aceea obţinută la clorura de polivinil, în sensul că se observă o porţiune aproximativ constantă pînă la 130°C, după care constanta dielectrică creşte brusc (fig. 8).

La aminoplaste, permitivitatea dielectrică creşte treptat după o curbă cu pantă redusă pînă la temperatura de 170°C, cînd ajunge la o valoare maximă, după care scade brusc (fig. 6).

Din rezultatele experimentale rezultă că prin încălzire, în izolaţia materialelor plastice studiate, se produc procese ireversibile, dacă temperatura depăşeşte o anumită limită critică. La această temperatură se observă o creştere bruscă a pierderilor şi a permitivităţii dielectrice.

La scăderea temperaturii nu se mai obţin valorile experimentale iniţiale, nici pentru permitivitatea ε şi nici pentru tangenta unghiului de pierderi ($tg\delta$).

Bibliografie

[1] *Lăzărescu, E.* Gazeta matematică şi fizică, seria A, nr. 10, oct 1958, p. 581—595.

[2] *Petrescu, V.* Ann. sc. del Univ. de Iassy, tomul XXVI, 1940, p. 233—253.

[3] *Procopiu, St.* şi *Petrescu, V.* Ann. sc. del Univ. de Iassy, 1939, p. 1—6.

[4] *Nanu, A.* Curs de materiale electrotehnice, vol. I. Institutul politehnic—Timişoara, p. 278—285.

[5] *Lăzărescu, E.* Gazeta matematică şi fizică, seria A, nr. 9, sept 1958, p. 535—543.

[6] *Bohle, M.* RGE. Tomul XL, nr. 12, sept 1936, p. 366.

[7] STAS 2740—60. Materiale electroizolante.

[8] *Gravăt, I.* şi *Costescu, D.* Produşi macromoleculari. Bucureşti, Editura tehnică, 1954, p. 72—79.

[9] *Kulakova, R. V.* Cabluri de forţă cu izolaţia din materiale plastice (Silonie cabeli s plastmasovoi izolaţiei). Moscova, Gosenergoizdat, 1963, p. 95.

Intrat în redacţie la 20.VI.1964

Calculul încălzirii bobinelor electromagneţilor de curent alternativ

Radu Tomoiagă, Gheorghe Cosmin şi Eliza Feldman* — Bucureşti

CZ 621.318.321.025.1.001.24

Această lucrare reprezintă o contribuţie la calculul încălzirii bobinelor electromagneţilor de curent alternativ, folosiţi pentru acţionarea aparatelor electrice cu funcţionare în aer.

Experienţa Catedrei de măsuri şi aparate electrice de la Institutul politehnic—Bucureşti şi a laboratorului întreprinderii „Electroaparataj" a stat la baza elaborării a cestei metode de calcul, care ţine seamă atît de specificul încălzirii bobinelor fixate pe miezuri de fier parcurse de fluxuri variabile în timp, cît şi de condiţiile tehnologice de fabricaţie.

Lucrarea urmăreşte să completeze, să îmbunătăţească metodele de calcul prezentate în literatura de specialitate din ţară şi din străinătate şi să pună la îndemîna studenţilor şi proiectanţilor o metodă suficient de simplă şi exactă.

1. Generalităţi asupra construcţiei bobinelor electromagneţilor de acţionare

Detaliile constructive şi tehnologice, ca de exemplu: construcţia carcasei, modul de înfăşurare şi izolare, tehnologia de impregnare, modul de fixare etc. se stabilesc în funcţie de tipul electromagneţilor şi de condiţiile de funcţionare a aparatelor respective.

În general se folosesc carcase din material izolant, care asigură ansamblului o rezistenţă mecanică superioară. Calităţile termoizolante ale materialelor utilizate în construcţia carcaselor produc o creştere apreciabilă a rezistenţei termice echivalente a bobinei şi, prin aceasta, o creştere a căderii de temperatură pe înfăşurare în sensul de parcurgere a fluxului termic. Pe de altă parte, chiar cel mai perfecţionat procedeu de impregnare uzual folosit (uscare sub vid şi impregnare sub presiune) nu reuşeşte să asigure pătrunderea lacurilor de impregnare în întreaga masă a înfăşurării, ceea ce duce la menţinerea în interiorul acesteia a unor straturi izolante de aer care măresc, de asemenea, căderea temperaturii. Aceste fenomene nu pot fi neglijate într-un calcul de încălzire exact.

Se poate obţine o oarecare îmbunătăţire a transferului de căldură, realizînd impregnarea

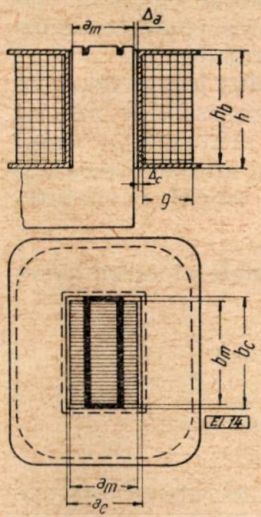


Fig. 1. Secţiune prin miezul magnetic şi bobina cu carcasă.

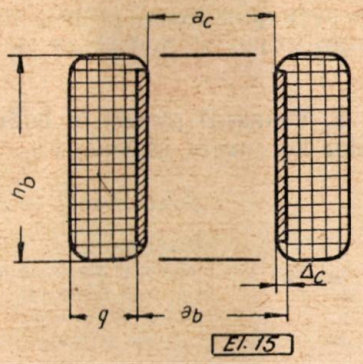


Fig. 2. Secţiune prin bobină fără carcasă.

conductorului chiar în timpul executării înfăşurării; acest procedeu este însă incomod şi neproductiv.

Din acest punct de vedere un avantaj îl prezintă bobinele fără carcasă, reprezentînd al doilea tip de bobină folosit în industrie. Stratul termoizolant al carcasei dispare, iar impregnarea se poate executa în condiţii mai bune, datorită faptului că lacul poate pătrunde atît prin suprafeţele laterale, cît şi prin suprafaţa superioară şi inferioară.

Dezavantajul acestor bobine fără carcasă constă în rezistenţa mecanică redusă. Folosirea lor la electromagneţi a căror funcţionare produce şocuri şi acceleraţii puternice nu este indicată,

* Ing. *R. Tomoiagă* este asistent la Institutul politehnic — Bucureşti, *Gh. Cosmin* este ing. şef la întreprinderea Electroaparataj, iar *E. Feldman* este şef de serviciu la aceeaşi uzină.

întrucît atît vibraţia spirelor, cît şi degradarea straturilor superficiale prin frecarea bobinelor pe miezul magnetic, produc o îmbătrînire prematură a izolaţiei şi scoaterea electromagneţilor din funcţiune.

Cercetarea posibilităţilor de creştere a duratei de viaţă a bobinelor, elementul cel mai vulnerabil al electromagnetului, a scos la iveală rolul deosebit de important al impregnării. Umplerea golurilor dintre conductoare şi straturi determină o schimbare a structurii bobinei, schimbînd esenţial rezistenţa termică. Transferul de căldură din zonele cu nivel termic ridicat spre suprafeţele de răcire se face mai uşor. Izolaţia conductoarelor, formată, în general, dintr-o peliculă de lac, se găseşte la o temperatură mai scăzută, ceea ce determină păstrarea un timp mai îndelungat a elasticităţii acesteia.

Vibraţia conductoarelor din înfăşurare, datorită atît forţelor electrodinamice produse de curenţii absorbiţi la închidere, cît şi şocurilor date de armătura mobilă, degradează izolaţia dintre spire într-un timp mai lung sau mai scurt, în funcţie de elasticitatea şi de rezistenţa mecanică a peliculei de lac. Prin umplerea golurilor dintre spire şi straturi cu lacuri de impregnare se realizează fixarea conductoarelor şi reducerea sensibilă a vibraţiilor.

Toate aceste probleme, strîns legate de noile condiţii de exploatare, caracterizate în special prin frecvenţa de conectare ridicată şi timpi de acţionare foarte reduşi, impun o substanţială completare a metodelor de calcul cunoscute.

2. Procesul termic în bobinele electromagneţilor de curent alternativ

Notaţii folosite în calcul

Miezul de fier:

a_m, b_m — lăţimea şi grosimea miezului;
h — înălţimea ferestrei.

Bobina şi carcasa:

Δa — grosimea stratului de aer dintre miez şi carcasă;
Δc — grosimea carcasei;
Δr — raza de curbură a miezului carcasei;
a', b' — lăţimea şi grosimea miezului carcasei prevăzută cu raze de curbă;
a_b, b_b — lăţimea şi grosimea miezului carcasei prevăzută cu muchii sau raze de curbă neglijabile;
a_c, b_c — lăţimea şi grosimea suprafeţelor interioare ale miezului carcasei în contact cu miezul de fier;
h_b — înălţimea bobinajului;
g — grosimea bobinajului;
N — numărul de spire ale bobinei;
d_1, d — diametrul izolat şi neizolat al conductorului;
$\delta = \frac{d_1 - d}{2}$ — grosimea izolaţiei conductorului;
Δ — grosimea izolaţiei de hîrtie dintre straturi.

Fixarea bobinelor pe electromagneţi se stabileşte, în general, prin criterii constructive care ţin seamă de funcţionarea aparatului privit în ansamblu.

Situaţia cea mai defavorabilă din punct de vedere termic (obligatorie, de exemplu, la electromagneţii de tip U) este realizată prin fixarea bobinei pe acel tronson al electromagnetului de acţionare, care conţine spira-ecran. În acest caz avem suprapuse trei surse de energie, care contribuie direct la stabilirea echilibrului termic al bobinei:

— spira-ecran disipă o putere P_2, din care o parte (P_{2Fe}) este cedată miezului de fier pe care este fixată, iar altă parte (P_{2a}) este cedată mediului ambiant;

— în miezul de fier pe care este fixată bobina datorită fluxului magnetic variabil în timp se produc pierderile P_m în funcţie de mărimea inducţiei, volumul de fier şi frecvenţa curentului;

— în sfîrşit, în interiorul bobinei se disipă puterea P_b prin efect Joule în funcţie de rezistenţa bobinei şi valoarea curentului care o străbate.

În literatura de specialitate din ţara noastră [1] se prescrie pentru calculul încălzirii bobinelor o metodă care ia în consideraţie numai energia disipată în rezistenţa înfăşurării. Această metodă se poate utiliza numai în cazul în care nu există miez de fier sau în cazul folosirii unor inducţii relativ reduse, astfel încît fierul miezului să fie la acelaşi nivel termic cu bobina.

Măsurările efectuate asupra temperaturilor atinse de fierul circuitelor magnetice pentru inducţiile obişnuite de lucru arată însă că, în general, există un flux de căldură care trece de la miez, prin bobină, către exterior.

Structura cîmpului de temperatură poate fi determinată prin suprapunerea efectelor termice ale surselor menţionate anterior [2]. În acest scop se fac următoarele consideraţii:

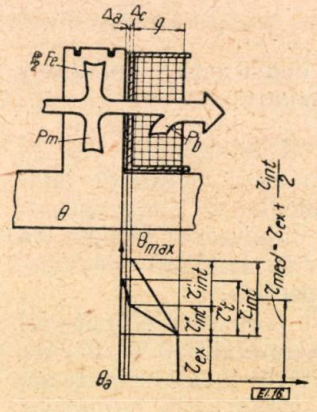


Fig. 3. Diagrama temperaturilor la o bobină ce funcţionează în regim stabilizat.

— puterea cedată fierului de către spira-ecran (cînd aceasta există pe polul pe care este montată bobina) se însumează cu pierderile din miezul magnetic şi determină un flux de căldură q, care trece prin bobină cu conductibilitatea termică echivalentă λ, producînd o cădere de temperatură τ''_{int} între suprafaţa interioară şi cea exterioară. În acest caz se consideră că masa bobinei este inertă, neconţinînd surse de căldură, singurul element activ fiind miezul magnetic cu sursele corespunzătoare;

— energia disipată în rezistența înfășurării determină un flux de căldură propriu, ce se scurge de la suprafața interioară care se găsește la un potențial termic mai ridicat, către suprafața exterioară care se găsește la un potențial termic mai scăzut, producînd în masa bobinei cu conductibilitate termică λ o cădere de temperatură τ'_{int};

— suma pierderilor rezultate din cele trei surse produce fluxul total de căldură prin suprafața exterioară a bobinei, care stabilește la echilibru termic supratemperatura τ_{ext};

— încălzirea maximă a bobinei se obține prin însumarea supratemperaturilor rezultate:

$$\tau_{med} = \tau_{int} + \tau_{ext} = \tau'_{int} + \tau''_{int} + \tau_{ext}.$$

2.1. Contribuția la încălzirea bobinei a puterilor disipate în miezul magnetic (τ''_{int})

Spira-ecran disipă în fier o putere P_{2Fe}, din care: $\nu \cdot P_{2Fe}$ este cedată miezului bobinei.

Se notează prin P_m pierderile în miezul magnetic ale cărui dimensiuni sînt a_m și b_m.

Fluxul termic ce străbate bobina va fi:

$$q' = \frac{P_m + \nu . P_{2Fe}}{2\,(a_m + b_m)\,h}.$$

Bobina are o structură complexă întrucît, în afara metalului conductorului, conține izolații cu conductibilități termice diferite, distribuite în forme variate. Pentru ușurința calculului se consideră că bobina este un corp uniform avînd conductibilitatea termică echivalentă λ.

Dacă se notează cu λ_a și λ_c conductibilitățile termice ale stratului de aer și ale materialului din care este confecționată carcasa, căderea de temperatură totală va fi:

$$\tau''_{int} = q' \cdot \left(\frac{g}{\lambda} + \frac{\Delta c}{\lambda_c} + \frac{\Delta a}{\lambda_a} \right),$$

iar pentru înfășurare:

$$\tau''_{int} = q'' \frac{g}{\lambda}.$$

2.2. Contribuția la încălzirea bobinei a pierderilor în rezistența înfășurării (τ'_{int})

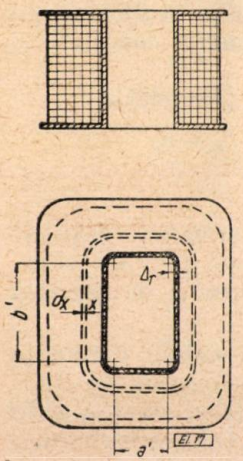


Fig. 4. Carcasa unei bobine cu miezul avînd muchiile rotunjite în scopul creșterii duratei de viață.

Analiza defecțiunilor apărute în timpul funcționării bobinelor indică, în majoritatea lor, o degradare a izolației spirelor bobinate pe carcasă în zona muchiilor acesteia. Raza de curbă (Δr) trebuie să fie mărită, în special, la bobinele electromagneților de acționare destinați să lucreze la frecvențe și forțe active mari.

Se aplică procedeul clasic de calcul [1] ținînd seamă însă de existența razelor de curbă, atît la înfășurare, cît și la carcasă.

Lungimea spirei care se găsește la distanța x de carcasă poate avea deci următoarele mărimi:

Cazul 1 (fig. 2): $l_x = 2\,(a_b + b_b) + 2 \cdot \pi \cdot x = 2.A + 2.\pi.x$;

Cazul 2 (fig. 3): $l_x = 2\,(a' + b') + 2 \cdot \pi\,(\Delta r + x) = 2\,(a' + b' + \pi\,\Delta r) + 2 \cdot \pi \cdot x = 2B + 2 \cdot \pi x$,

unde s-a notat cu $A = a_b + b_b$ și $B = a' + b' + \pi \cdot \Delta r$.

În stratul de grosime dx, bilanțul termic este următorul:

a) Se primește de la straturile mai calde puterea:

$$P_1 = -\lambda \cdot l_x \cdot h_b \frac{d\theta}{dx}.$$

b Se produce în înfășurare puterea:

$$P_2 = q.dV = q.l_x.h_b.dx,$$

unde

$$q = \frac{P_b}{V_{Cu}} = \frac{P_b}{l_m \cdot N \cdot s_{Cu}}.$$

c) Se cedează straturilor mai reci puterea:

$$P_3 = \lambda \cdot l_x + dx \cdot h_b \frac{d}{dx}\left(\theta + \frac{d\theta}{dx} dx \right).$$

Considerînd pozitive puterile produse sau primite de stratul respectiv, și negativă puterea cedată, bilanțul termic este:

$$P_1 + P_2 - P_3 = 0,$$

sau

$$-\lambda \cdot l_x \cdot \frac{d\theta}{dx} + q \cdot l_x \cdot dx + \lambda \cdot l_x + dx \cdot \cdot \frac{d}{dx}\left(\theta + \frac{d\theta}{dx} \right) x = 0.$$

Se desface paranteza și se simplifică:

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} + \frac{d\theta}{dx} \cdot \frac{1}{dx}\left(1 - \frac{l_x}{l_x + dx} \right) + \frac{q}{\lambda} \cdot \frac{l_x}{l_x + dx} = 0.$$

Se consideră lungimile $l_x + dx$ în cele două cazuri:

cazul 1: $l_{x+dx} = 2\,[A + \pi \cdot (x + dx)]$,

cazul 2: $l_{x+dx} = 2[B + \pi \cdot (x + dx)]$,

de unde, simplificînd infiniții mici de ordinul doi, se obține, pentru cazul 1:

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} + \frac{d\theta}{dx} \cdot \frac{1}{\left(\frac{A}{\pi} + x \right)} + \frac{q}{\lambda} = 0.$$

Se schimbă variabila $u = \frac{A}{\pi} + x$, şi ecuaţia devine:

$$\frac{d^2\theta}{du^2} + \frac{1}{u} \cdot \frac{d\theta}{du} + \frac{q}{\lambda} = 0.$$

Această ecuaţie are ca soluţie generală:

$$\theta = -\frac{q}{4\lambda} \cdot u^2 + C_1 \cdot \ln u + C_2.$$

Dacă se revine la variabila iniţială se obţine pentru cazul 1:

$$\theta = -\frac{q}{4\lambda} \cdot \left(\frac{A}{\pi} + x\right)^2 + C_1 \cdot \ln\left(\frac{A}{\pi} + x\right) + C_2.$$

Pentru determinarea constantei C_1 se consideră că temperatura maximă este pe suprafaţa interioară a bobinei, adică pentru $x = 0$, $\frac{d\theta}{dx} = 0$.

Deoarece derivata este:

$$\frac{d\theta}{dx} = -\frac{2q}{4\lambda}\left(\frac{A}{\pi} + x\right) + C_1 \frac{\pi}{A},$$

$$C_1 = \frac{q}{2\lambda}\left(\frac{A}{\pi}\right)^2.$$

Introducem valoarea constantei C_1:

$$\theta = -\frac{q}{4\lambda}\left(\frac{A}{\pi} + x\right)^2 + \frac{q \cdot A^2}{2 \cdot \lambda \pi^2} \cdot \ln\left(\frac{A}{\pi} + x\right) + C_2.$$

Temperatura interioară θ_{int} se obţine pentru $x = 0$:

$$\theta_{int} = -\frac{q}{4\lambda}\left(\frac{A}{\pi}\right)^2 + \frac{q \cdot A^2}{2\lambda \cdot \pi^2} \cdot \ln \frac{A}{\pi} + C_2.$$

Temperatura exterioară θ_{ext} se obţine pentru $x = g$:

$$\theta_{ext} = -\frac{q}{4\lambda}\left(\frac{A}{\pi} + g\right)^2 + \frac{q \cdot A^2}{2 \cdot \lambda \cdot \pi^2} \cdot \ln\left(\frac{A}{\pi} + g\right) + C_2.$$

Căderea de temperatură pe bobină:

$$\tau'_{int} = \theta_{int} - \theta_{ext} = \frac{q}{\lambda}\left[\frac{g}{4} \cdot \left(\frac{2}{\pi} \cdot A + g\right) - \left(\frac{A}{\pi\sqrt{2}}\right)^2 \cdot \ln\left(1 + \frac{\pi \cdot g}{A}\right)\right].$$

Pentru cazul 2 se obţine relaţia similară:

$$\tau'_{int} = \frac{q}{\lambda}\left[\frac{g}{4} \cdot \left(\frac{2}{\pi} B + g\right) - \left(\frac{B}{\pi \cdot \sqrt{2}}\right)^2 \cdot \ln\left(1 + \frac{\pi \cdot g}{B} \cdot g\right)\right].$$

În stabilirea relaţiilor de mai sus s-a considerat densitatea de volum a puterii disipate în metalul înfăşurării q ca o mărime constantă. Variaţia temperaturilor în masa bobinei determină însă o anumită repartiţie a surselor interioare de energie. Fiecărui punct caracterizat prin temperatura θ îi este asociată o anumită disipaţie conform relaţiei:

$q = q_0 \ (1 \times \alpha \cdot \theta)$, unde s-a notat prin q_0 cantitatea de căldură degajată în unitatea de volum în interval de o unitate de timp, la temperatura de 0°C, iar α este coeficientul de temperatură al rezistenţei.

Desigur că este suficient de exact, dată fiind variaţia liniară cu temperatura a valorii q, să se ia în calcul valoarea corespunzătoare temperaturii medii a bobinei $\theta_{med} = \tau_{med} + \theta_a = \tau'_{int} + \tau''_{int} + \tau_{ext} + \theta_a$,

în care τ_{int} şi τ_{ext} depind, la rîndul lor, de q.

Metoda cea mai simplă este de a determina în primă instanţă valoarea rezistibilităţii, respectiv a densităţii puterii q, pentru temperatura ambiantă θ_a. Se notează deci:

$$q_a = q_0 \ (1 + \alpha\theta_a).$$

Se poate scrie, notînd:

$$D = \frac{1}{\lambda}\left[\frac{g}{4}\left(\frac{2}{\pi} A + g\right) - \left(\frac{A}{\pi\sqrt{2}}\right)^2 \cdot \ln\left(1 + \frac{\pi g}{A}\right)\right],$$

$$\tau'_{int} = D \cdot q = D \cdot q_a \ (1 + \alpha_{med}) = D \cdot q_a \left[1 + \alpha \frac{(\tau'_{int} + \tau''_{int})}{2}\right] + \tau_{ext},$$

de unde:

$$\tau'_{int} = D \cdot q_a \frac{[2 + \alpha \ (\tau''_{int} + 2 \ \tau_{ext})]}{2 - D \cdot q_a \cdot \alpha}.$$

Ulterior se va folosi această expresie în determinarea supratemperaturii τ_{ext}.

2.3. Calculul temperaturii suprafeţei exterioare

Pierderile totale produse în bobină sau miez determină un flux termic dirijat spre exterior prin suprafeţele de răcire formate, în special, de suprafeţele laterale şi, în anumite condiţii, şi de suprafeţele capetelor.

Acest flux se poate exprima prin relaţia:

$$q_t = \frac{\Sigma P}{S_r} = \frac{\nu \cdot P_{2Fe} + P_m + P_b}{S_r}.$$

Fluxul termic cedat în exterior este stabilit de supratemperatura suprafeţei faţă de temperatura ambiantă, de culoarea şi de gradul de rugozitate al acesteia.

Cercetările de laborator au stabilit o relaţie suficient de exactă pentru coeficientul de disipaţie a suprafeţei exterioare (cînd aceasta este formată din pînză uleiată de culoare galbenă),

în funcţie de supratemperatura acesteia faţă de mediul ambiant:

$$K = K_0 (1 + \beta . \tau_{ext}) =$$

$$= 17{,}9 . 10^{-4} (1 + 0{,}00588 . \tau_{ext}) \ , \frac{W}{cm^2 . °C},$$

unde $K_0 = 17{,}9 \cdot 10^{-2}$ W/cm°C.

Pentru suprafeţe exterioare de culori diferite şi rugozităţi cu granulaţie mare putem avea $K_0 = (7{,}8 - 17{,}9)\ 10^{-4}$.

Se menţionează că valoarea temperaturii ambiante, pentru a se obţine erori neglijabile, trebuie să se găsească în plaja 5°—35°C.

Fluxul termic disipat de o suprafaţă cu supratemperatura τ_{ext} rezultă din relaţia:

$$q_t = \frac{\Sigma P}{S_r} = \tau_{ext} \cdot K = \tau_{ext} \cdot K_0 (1 + \beta \ . \ \tau_{ext}),$$

de unde:

$$\tau_{ext}^2 + \frac{1}{\beta} \cdot \tau_{ext} - \frac{q_t}{K_0 \cdot \beta} = 0,$$

$$\tau_{ext}^2 + 170 \ \tau_{ext} - 9{,}50 \cdot 10^{+4} \frac{\Sigma P}{S_r} = 0.$$

Soluţia acestei ecuaţii este o funcţie de $\tau_{ext} = f \frac{(\Sigma P)}{S_r}$:

$$\tau_{ext} = 8{,}5 \left(\sqrt{100 + 1310} \ . \ \frac{\Sigma P}{S_r} - 10 \right) \cdot$$

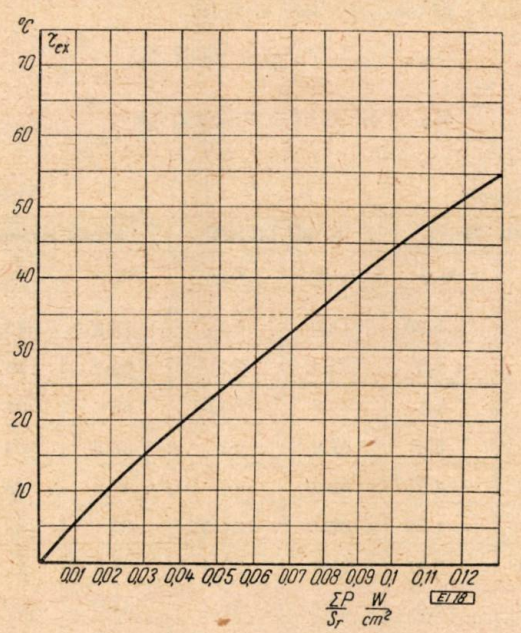


Fig. 5. Caracteristică $\tau_{ext} = f \left(\frac{\Sigma P}{S_r} \right)$ pentru $k_0 = 17{,}9 \cdot 10^{-4}, \frac{W}{cm^2 \ °C}$.

Această funcţie prezentată în figura 5 are un caracter general pentru bobinele care funcţionează în aer lipsit de curenţi, cu o temperatură mai mică decît 35°C şi mai mare decît 5°C.

Precizia cu care se calculează temperatura exterioară τ_{ext} depinde, în mare măsură, de modul în care se consideră suprafaţa de răcire S_r.

Unele construcţii au suprafaţa laterală a bobinei în interiorul ferestrei, la o distanţă mai mică decît 4 mm de tronsonul lateral al miezului magnetic. În aceste zone disipaţia de căldură scăzînd apreciabil, ca suprafaţă de răcire se pot considera numai porţiunile libere neecranate termic de circuitul magnetic.

În cazul bobinelor groase care au suprafaţa laterală mică, $\frac{h_b}{g_b} > 3{,}5$, este bine să se ţină seamă şi de suprafeţele capetelor, dacă grosimea carcasei este mai mică decît 1,5 mm.

Pentru calculele de proiectare, determinarea acoperitoare a pierderilor din bobină se realizează considerînd rezistenţa înfăşurării la temperatura maxim admisibilă pentru izolaţia conductorului şi materialul impregnării.

Dacă se ţine seamă de variaţia rezistivităţii cu temperatura, ecuaţia se complică simţitor.

Se notează:

$$q_s' = \frac{P_m + \nu P_{2Fe}}{S_r} \text{ şi } q_s = \frac{P_b}{S_r} = q \cdot \frac{l_m \cdot N \cdot s_{Cu}}{S_r} = q \cdot \varepsilon,$$

$$q_t = q_s' + q \cdot \varepsilon \text{ şi deci } \tau_{ext}^2 + \frac{1}{\beta} \tau_{ext} -$$

$$- \frac{1}{K_0 \beta} (q_s' + q \cdot \varepsilon) = 0.$$

Înlocuind

$$q = q_a (1 + \alpha \cdot \tau_{u.ed}) = q_a [1 + \alpha (\tau_{int}' + \tau_{int}'' + \tau_{ext})],$$

unde se introduce valoarea anterior explicitată, pentru τ_{int}' se obţine în final ecuaţia:

$$\tau_{ext}^2 + \frac{1}{\beta} \left(1 - \frac{2}{K_0} \cdot \frac{\varepsilon \cdot q_a \cdot \beta}{1 - D \cdot q_a \cdot \alpha} \right) \tau_{ext} -$$

$$- \frac{1}{K_0 \beta} \left[q_s' + \frac{\varepsilon \cdot q_a}{1 - D \ . \ q_a \ \alpha} (2 + \alpha \ \tau_{int}'') \right] = 0.$$

3. Rezultate obţinute şi concluzii

Din tabelele comparative anexate (tabela 1, 2, 3) rezultă diferenţele pe care metoda clasică şi metoda Liubcik le dau faţă de realitate. Se vede, de asemenea, că erorile obţinute prin metoda preconizată sînt mai mici şi permit deci determinarea mai exactă a încălzirii bobinelor.

Verificarea experimentală a relaţiilor clasice de calcul, cum şi a relaţiilor indicate de M. A. Liubcik pentru încălzirea bobinelor, permite compararea acestor metode.

Faţă de metoda clasică în care se ţine seamă numai de încălzirea datorită pierderilor în înfăşurare, Liubcik ţine seamă şi de pierderile de fier, folosind însă formule greoaie.

În cadrul acestei lucrări s-au efectuat următoarele operaţii :

— a fost determinată o curbă de corecţie a factorului de umplere ideal, permiţînd stabilirea cu precizie a acestuia, ceea ce prezintă o deosebită importanţă nu numai pentru calculul încălzirii bobinei, ci şi pentru dimensionarea electromagneţilor ;

Tabela 1

Tabelă comparativă cu erorile celor trei metode în calculul lui τ_{med}

Valori măsurate		Erori de determinare prin calcul	
τ_{med}, °C	Metoda clasică, %	Metoda M. A. Liubcik, %	Metoda propusă, %
50	> − 200	+ 20 ÷ + 22	+ 8 ÷ + 9
40	> − 200	+ 16 ÷ + 20	+ 9 ÷ +12
20	> − 200	+ 13 ÷ + 15	+14 ÷ +15
10	> − 200	+ 14 ÷ + 16	+15

Observaţii: s-a considerat $\tau_{med} = \tau_{ext} + \frac{\tau' + \tau''}{2}$.

Valorile temperaturilor medii au fost măsurate prin metoda variaţiei rezistenţei.

Tabela 2

Tabelă comparativă cu erorile celor trei metode în calculul lui τ_{ext}

τ_{ext}, °C	Metoda clasică, %	Metoda M. A. Liubcik, %	Metoda propusă, %
40	> − 200	+ 16 ÷ + 18	10 ÷ + 11
30	> − 200	+ 19 ÷ + 23	10 ÷ + 16
20	> − 200	+ 23 ÷ + 25	+ 12 ÷ + 15
10	> − 200	+25	+ 15 ÷ + 18

Observaţii : temperaturile exterioare au fost măsurate cu termocuplul.

— a fost determinată o curbă de corecţie a coeficientului ideal de conductibilitate indicat de Liubcik, dovedindu-se în acelaşi timp totala nevalabilitate a formulei clasice ;

— a fost determinată o relaţie de calcul pentru coeficientul de transmisie totală a căldurii, valabilă în domeniul de temperaturi uzual întîlnite ;

— au fost stabilite relaţii relativ simple pentru calculul încălzirii bobinei, ţinîndu-se seamă nu numai de pierderile în fier, ci şi de pierderile în spira-ecran, de variaţia rezistivităţii cu temperatura neglijată de toţi autorii, de formele reale ale carcaselor şi bobinelor ;

— a fost stabilită o relaţie ce permite calculul încălzirii spirei-ecran, lucru foarte util în proiectarea electromagneţilor de curent alternativ.

ANEXA 1

Elemente necesare calculului termic

Puterea cedată fierului de spira-ecran

Se consideră cunoscute din calculul spirei puterea activă P_2 şi dimensiunile necesare determinării următorilor parametri :

S_2 — suprafaţa totală a spirei ;
S_{2Fe} — suprafaţa spirei-ecran în contact cu fierul ;
S_{2a} — suprafaţa spirei-ecran în contact cu aerul.

Se raportează suprafeţele de disipaţie a căldurii în cele două medii la suprafaţa totală :

$$S_{2a} = \xi \cdot S_2 \quad \text{şi} \quad S_{2Fe} = (1 - \xi) \cdot S_2 .$$

Din măsurările efectuate în laboratoarele întreprinderii „Electroaparataj" s-au stabilit relaţii care dau cu destulă exactitate puterea specifică disipată :

$$K_{2Fe} = 3{,}2 \cdot 10^{-3} (1 + 0{,}007 \cdot \theta_2), \frac{W}{cm^2 \cdot °C}$$

$$K_{2a} = 3{,}5 \cdot 10^{-3} (1 + 0{,}002 \cdot \theta_2), \frac{W}{cm^2 \cdot °C} .$$

Tabelă cu rezultatele obţinute *Tabela 3*

Bobina nr.	I_{mA}	d_{mm}	τ_{ext}, °C	τ_{med}, °C	Metoda clasică		Metoda Liubcik		Metoda propusă	
					τ_{med}	τ_{ext}	τ_{med}	τ_{ext}	τ_{med}	τ_{ext}
1	40	0,10	12	13,2	1,7	1,25	15,6	14	14,3	13,2
2	76	0,15	26	29,2	5,3	4,3	33,4	30	29,9	28,5
3	50	0,17	33	36,5	3,2	2,1	43,5	39,3	39	36
4	120	0,2	51	56,8	7,2	6,4	62,4	62	58,6	54
5	86	0,22	40	45,3	5,36	4,75	50,3	46	47,3	43,4
6	140	0,26	30	35,3	2,35	1,75	39,4	34,5	37	32,75
7	70	0,3	21	22,3	3,43	3,15	25,6	23,4	24,3	22,3
8	60	0,35	28	31,4	1,16	1,07	36,1	31,3	34,3	30,4
9	65	0,4	11	13,2	0,83	0,75	16,2	13,3	14,6	11,9
10	110	0,45	16	16,5	1,13	1,05	20,4	18,4	18,6	17,3
11	95	0,5	10	12,2	13,4	12	15,9	12,5	14,3	11,3
12	136	0,55	19	22,4	0,73	0,68	27,3	24	24,6	22,3
13	140	0,55	21	21,8	0,81	0,72	25,8	24,3	24,1	23,1

Observaţii : în această tabelă sînt prezentate o parte din rezultatele obţinute la probele de încălzire efectuate pe 32 bobine de construcţii diferite.

S-a notat prin θ_2 temperatura medie a spirei. Dimensiunile reduse şi conductibilitatea ridicată a materialului (cupru sau alamă) fac ca în lungimea spirei să nu avem variaţii mai mari decît 2 ÷ 3 °C, astfel încît se poate considera că θ_2 reprezintă, cu erori neglijabile, chiar temperatura spirei-ecran.

Puterea disipată în aer : $P_{2a} = \theta_2 \cdot S \cdot \xi \; K_{2a}$;
puterea disipată în fier : $P_{2Fe} = \theta_2 \cdot S \cdot (1 - \xi) \; K_{2Fe}$.
Puterea totală va fi :

$$P_2 = P_{2a} + P_{2Fe} = \theta_2 \cdot S \cdot [\xi \cdot K_{2a} + (1 - \xi) \cdot K_{2Fe}]$$

sau înlocuind valorile stabilite pentru coeficienţii de transmisie :

$$\theta_2^2 \cdot (22{,}4 - 15{,}4\,\xi)\, 10^{-3} + \theta_2 \cdot (3{,}2 + 0{,}3\,\xi) - \frac{P_2 \cdot 10^3}{S_2} = 0.$$

Dacă se notează cu $M = (22{,}4 - 15{,}4\;\xi)\;10^{-3}$ şi $N^2 = 3{,}2 + 0{,}3 \cdot \xi$, temperatura spirei va fi :

$$\theta_2 = \frac{-N + \sqrt{N^2 + 4 \cdot M \frac{P_2}{S_2} \cdot 10^3}}{2M}.$$

Se înlocuieşte valoarea obţinută pentru θ_2 în relaţia pentru P_{2Fe}, obţinîndu-se puterea disipată în fier.

Dacă spira este montată pe acelaşi tronson cu bobina, însă pe armătura mobilă, atunci se introduce în calcul $\nu \cdot P_{2Fe}$, unde

$$\nu = (0{,}05 + 0{,}2).$$

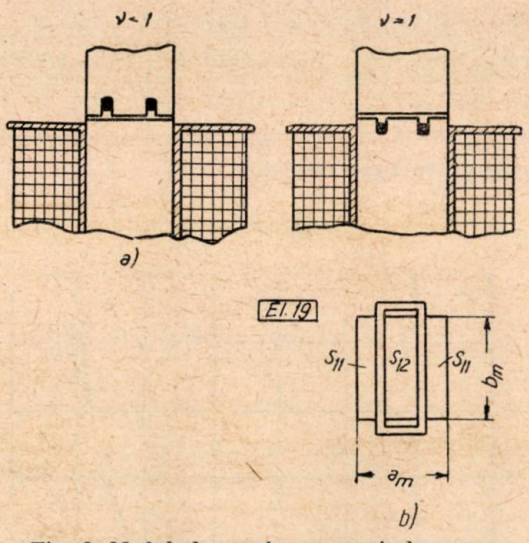


Fig. 6. Modul de amplasare a spirelor-ecran.

ANEXA 2

Factorul de umplere (f_u)

Factorul de umplere se consideră raportul dintre secţiunea de cupru şi secţiunea totală a bobinei $f_u = \frac{S_{Cu}}{S_b}$.

În literatura de specialitate, în lucrarea „Electromagneţi", de M. A. Liubcik, se prezintă în acest domeniu o analiză teoretică suficient de completă, analizîndu-se cazurile ideale în care conductoarele sînt aşezate în rînduri sau în şah, situaţii în care este prevăzută izolaţia de hîrtie dintre straturi şi cele în care aceasta nu este prevăzută.

Nu se va insista asupra formulelor utilizate (tabela 4), ci se va menţiona faptul că aceste formule trebuie corectate în sensul micşorării valorilor obţinute din calcul. Bobinarea

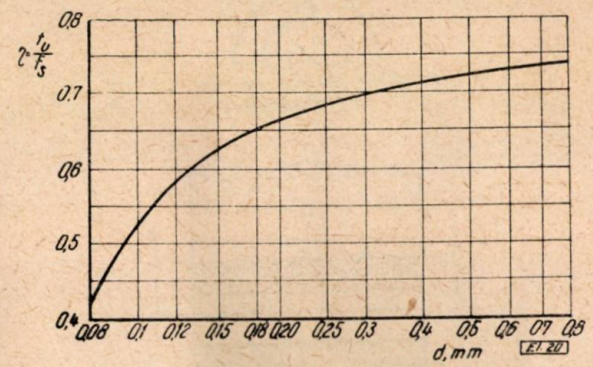


Fig. 7. Coeficientul de corecţie al factorului de umplere ideal, în ipoteza bobinării în şah, în funcţie de diametrul neizolat al conductorului $\eta = f(d)$.

cu maşina, uzual folosită în industrie, dă naştere unei înfăşurări cu atît mai dezordonate, cu cît conductorul este mai subţire, îndepărtîndu-se cu mult de cazurile ideale considerate la stabilirea formulelor.

În cazul bobinării cu maşina în condiţii obişnuite se pot folosi pentru calcul factorii ideali f_s, $f_s\Delta$, care corespund unei situaţii apropiate bobinării reale şi caracterizîndu-se prin înmulţirea cu coeficientul de corecţie $\eta = f(d_1)$ prezentat în figura 7 :

$$f_u = \eta \cdot f_{u\,ideal}.$$

Factorul de corecţie a fost stabilit în urma unor măsurări şi calcule efectuate pe un mare număr de bobine de fabricaţie romînească sau străină în cadrul laboratoarelor întreprinderii „Electroaparataj" în cazul bobinărilor în formă de şah (fig. 8 b).

ANEXA 3

Conductibilitatea echivalentă a bobinei

Situaţiile ideale considerate au stat la baza determinării conductibilităţii echivalente, care trebuie corectată în funcţie de bobinarea reală.

Determinările experimentale efectuate statistic asupra fabricaţiei curente, în cadrul laboratoarelor întreprinderii „Electroaparataj", au arătat că transferul de căldură prin grosimea bobinei spre exterior este mai mare decît cel rezultat prin calcul, fapt ce impune o corectare a conductibiliităţii echivalente ideale (λ_{id}), în sensul creşterii ei, cu ajutorul unui coeficient K în funcţie de valorile factorului de umplere real.

Tabela 4

Bobinare în şah		Bobinare în rînduri	
Fără izolaţie între straturi	Cu izolaţie între straturi	Fără izolaţie între straturi	Cu izolaţie între straturi
$f_s = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{(1+\beta)^2}$	$f_{s\Delta} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{(1+\beta)^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3+4\psi+\psi^2}}$	$f_r = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{1}{(1+\beta)^2}$	$f_{r\Delta} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{1}{(1+\beta)(1+\beta+\gamma)}$
	$\beta = \frac{d_1 - d}{d}$	$\gamma = \frac{\Delta}{d}$	$\psi = \frac{2\gamma}{1+\beta}$

În ceea ce privește calculul conductibilității termice s-a adoptat metoda prezentată în lucrarea „Electromagneți", de M.A. Liubcik, pe care am corectat-o în sensul celor arătate mai sus.

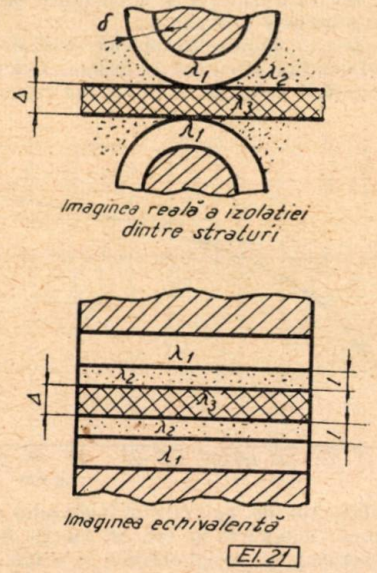


Fig. 8 a. Imaginea reală și echivalentă a dispunerii izolațiilor între două straturi alăturate din înfășurarea bobinei.

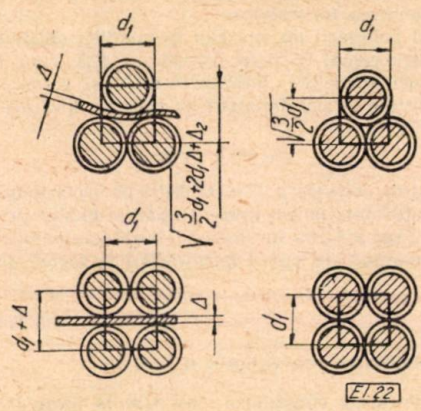


Fig. 8 b. Diferite moduri de așezare a conductoarelor în cazul unei bobinări ideale.

Conductibilitatea termică ideală se calculează cu formula de mai jos, stabilită conform imaginii echivalente a izolației dintre straturi, prezentată în figura 8:

$$\lambda_{id} = \frac{2\cdot\delta + 2\cdot l + \Delta}{\frac{2\cdot\delta}{\lambda_1} + \frac{2\cdot l}{\lambda_2} + \frac{\Delta}{\lambda_3}}.$$

S-a notat cu:

δ — grosimea izolației conductorului;
Δ — grosimea izolației dintre straturi;
$2\cdot l$ — grosimea echivalentă a porțiunii umplute cu aer sau lac de impregnare;
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ — conductibilitatea termică a izolației conductorului, mediului și izolației dintre straturi.

Pentru cele două cazuri ideale se prezintă în literatura de specialitate relațiile cu care se calculează $2\cdot l$.

Bobinarea în șah:

$$2\cdot l = 0{,}5\cdot d_1 \left(2 - 0{,}5\cdot\sqrt{4 - C^2} - \frac{2}{C}\cdot \text{arc}\cdot\sin\frac{C}{2}\right).$$

Bobinarea în rînduri:

$$2\cdot l = 0{,}5\ d_1 \left(2 - \sqrt{1 - C^2} - \frac{1}{C}\cdot \text{arc}\cdot\sin C\right),$$

unde:

$$C = \frac{d}{d_1}.$$

Atunci cînd C are valori mici (izolații groase) se folosesc relațiile:

$$2\cdot l = 0{,}5\cdot d_1\left(1 - 0{,}5\cdot\sqrt{4 - C^2}\right) \text{ sau } 2\cdot l = 0{,}5\ d_1\left(1 - \sqrt{1 - C^2}\right).$$

În tabela 5 se dau valorile conductibilităților termice echivalente.

Tabela 5

	Conductibilitatea termică, W/cm. grade		
	Fără impregnare	Impregnat cu lac	Compoundare cu bitum
λ_1	$(0{,}69-0{,}71).10^{-3}$	$(1{,}15-1{,}25).10^{-3}$	$1{,}34.10^{-3}$
λ_2	$(0{,}25-0{,}3).10^{-3}$	$(1{,}4-2{,}2).10^{-3}$	$(1{,}4-1{,}6)\cdot10^{-3}$
λ_3	$(0{,}5-0{,}8).10^{-3}$	$(1{,}25-1{,}3).10^{-3}$	$1{,}4-10^{-3}$

Pentru conductoare emailate:

$$\lambda_1 = (2{,}3 + 2{,}9)\ 10^{-3}.$$

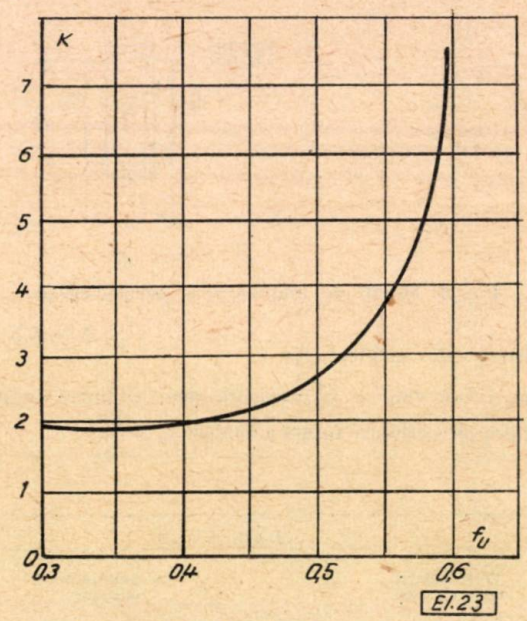


Fig. 9. Coeficientul de corecție a conductibilității echivalente ideale, în funcție de valoarea factorului de umplere real $k = f(f_u)$.

Pentru bobinarea cu mașina în condiții normale de fabricație se va calcula coeficientul λ_{id} pentru bobinarea în șah și se va face corecția cu coeficientul k prezentat în figura 9:

$$\lambda = k\cdot\lambda_{id}.$$

ANEXA 4

Formule folosite în metoda clasică

$$\tau_{int} = \frac{I^2 \cdot R}{16 \cdot h_b \lambda}\left[1 - \frac{\ln(1+2\gamma)}{2\gamma(1+\gamma)}\right],$$

$$\tau_{ext} = \frac{R\,I^2}{2\,h_b \cdot K\,(a_b + b_b + 4_a)},$$

unde s-au notat cu :

I — curentul absorbit de electromagnetul în stare caldă, A;

R — rezistența la temperatura de regim a înfășurării bobinei, Ω;

$\lambda = 0{,}6 \cdot \lambda_i \frac{d}{2\delta}$ — coeficientul echivalent de transmisie a căldurii prin bobină, W/cm.grad;

d — diametrul neizolat al conductorului, mm;

δ — grosimea izolației conductorului, mm;

λ_i — coeficientul de transmisie a căldurii prin izolația conductorului; pentru email s-a folosit :

$$\lambda_i = 2{,}5 \cdot 10^{-3},\ \frac{W}{cm \cdot grad};$$

K — coeficientul global de disipație a căldurii pentru suprafața exterioară.

S-a folosit $K = 1{,}1 \cdot 10^{-3},\ \frac{W}{cm^2 \cdot grad}$;

$\gamma = \frac{2 \cdot g}{a_b + b_b}$ — dimensiunile a_b, b_b, h_b, g, cm.

ANEXA 5

Formulele folosite în metoda lui M. A. Liubcik

$$\tau'' = 7{,}6 \cdot 10^3 \frac{\nu \cdot \gamma_f \cdot n}{\lambda \cdot f^2 \cdot a_m^2 \cdot T\,(1+T)\,k_s}\left(\frac{U}{N}\right)^2,\ \text{unde } T = \frac{b_m}{a_m}$$

$$\tau' = \frac{q_0 \cdot g^2}{2 \cdot \lambda},$$

$$\tau_{ext} = \frac{-(k_0 S_{ext} - \tau_0 P_0) + \sqrt{(k_0 S_{ext} - \alpha_0 P_0)^2 + 4 \cdot k_0 \cdot S_{ext} \cdot \beta \cdot P_0 (1 + k_{p0} + \alpha_0)\ (\tau_m - \theta)}}{2 \cdot k_0 \cdot S_{ext} \cdot \beta}.$$

Elementele folosite în formule sînt precizate în lucrarea „Electromagneți", de M. A. Liubcik, apărută în Editura tehnică în anul 1963.

Exemplu de calcul 1

Să se calculeze încălzirea unei bobine fără izolație între spire aparținînd unui electromagnet de curent alternativ cu următoarele caracteristici constructive și funcționale :

$U = 128$ V;	
$I_a = 40$ mA;	$\Delta r = 5{,}23$ mm;
$N = 2050$;	$\Delta c = 1{,}5$ mm;
$d = 0{,}18$ mm;	$\Delta a = 0{,}25$ mm;
$d_1 = 0{,}2$ mm;	$a_m = 22{,}2$ mm;
$a' = 15{,}54$ mm;	$b_m = 26{,}3$ mm;
$b' = 21{,}54$ mm;	$h_b = 19$ mm;
$g = 5{,}75$ mm;	$h = 25$ mm;

circuitul magnetic din tablă E 4 de 0,35 mm;
spira-ecran este din alamă avînd pierderi active $P_2 = 0{,}93$ W.

Menționăm că acest electromagnet este construit și se cunosc pierderile active în miezul central $P_f = 0{,}216$ W.

1. Calculul factorului de umplere

$$\beta = \frac{d_1 - d}{d} = \frac{0{,}2 - 0{,}18}{0{,}18} = 0{,}111;$$

$$f_s = -\frac{\pi}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{(1 + 0{,}111)^2} = 0{,}733.$$

Din figura 7 pentru $d = 0{,}20$ rezultă $\eta = 0{,}67$,

$$f_u = 0{,}733 \cdot 0{,}67 = 0{,}491.$$

2. Conductibilitatea echivalentă a bobinei

Se alege pentru conductorii emailați $\lambda_1 = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$, W/cm°C.
Pentru bobină neimpregnată $\lambda_2 = 0{,}27 \cdot 10^{-3}$, W/cm°C.

În calcul dimensiunile se introduc în centimetri :

$$2 \cdot l = 0{,}5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}\left(2 - 0{,}5\sqrt{4 - C^2} - \frac{2}{C} \cdot \text{arc} \cdot \sin\frac{C}{2}\right) =$$

$$= 0{,}5 \cdot 2 \cdot 10^{-2}\left(2 - 0{,}5\sqrt{4 - 0{,}9^2} - \frac{2}{0{,}9} \cdot \text{arc} \cdot \sin\frac{0{,}9}{2}\right) = 0{,}73 \cdot 10^{-3};$$

$$c = \frac{0{,}18}{0{,}2} = 0{,}9.$$

$$\lambda_{id} = \frac{2 \cdot 10^{-3} + 0{,}73 \cdot 10^{-3}}{\frac{2}{2{,}5} + \frac{0{,}73}{0{,}27}} = 0{,}776 \cdot 10^{-3},\ \frac{W}{cm \cdot grad}.$$

Facem corectarea $\lambda = k \cdot \lambda_{id} = 2{,}6 \cdot 0{,}776 \cdot 10^{-3} = 2{,}03 \cdot 10^{-3}$,

$$\frac{W}{cm \cdot grad}.$$

Coeficientul de corecție rezultă din figura 9.

3. Supratemperatura datorită pierderilor în fier (τ'_{int})

$$q = \frac{P_m + \nu \cdot P_{2Fe}}{2\,(a_m + b_m)\,h_b} = \frac{0{,}216 + 0{,}0303}{2\,(2{,}22 + 2{,}63)\,2{,}5} = 1{,}02 \cdot 10^{-2},\ \frac{W}{cm^2}$$

$$\tau''_{int} = 1{,}02 \cdot 10^{-2}\left(\frac{g}{\lambda} + \frac{\Delta_s}{\lambda_c} + \frac{\Delta_a}{\lambda_a}\right) = 1{,}02 \cdot 10^{-2}\left(\frac{0{,}575}{2{,}03 \cdot 10^{-3}} + \right.$$

$$\left. + \frac{0{,}15}{2{,}33 \cdot 10^{-3}} + \frac{0{,}025}{0{,}35}\right) = 3{,}55\,°C.$$

4. Supratemperatura datorită pierderilor în rezistența bobinei τ'_{int}

Construcția acestei bobine impune să se efectueze calculul în cazul II : $B = 2\ (a' + b' + \pi\Delta r = 2\,(1{,}554 + 2{,}154 + \pi \cdot 0{,}523) = 10{,}696$ cm,

$$C^x = \frac{g}{4}\left(\frac{2}{\pi}B + g\right) - \left(\frac{B}{\pi\sqrt{2}}\right)^2 \ln\left(1 + \frac{\pi g}{B}\right) = \frac{0{,}575}{4}$$

$$\left(\frac{2}{\pi} \cdot 10{,}696 + 0{,}575\right) - \left(\frac{10{,}696}{\pi\sqrt{2}}\right)^2 \cdot \ln\left(1 + \frac{\pi \cdot 0{,}575}{10{,}696}\right) = 0{,}127.$$

Lungimea spirei medii și rezistenței înfășurării :

$$l_{med} = 2\,(a' + b') + 2 \cdot \pi\left(\Delta r + \frac{g_b}{2}\right) = 2\,(1{,}554 + 2{,}154) +$$

$$+ 2 \cdot \pi\left((0{,}523 + \frac{0{,}575}{2}\right) = 12{,}516\ \text{cm},$$

$$R = \rho \cdot \frac{l_{med} \cdot N}{s} = 1{,}78 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{12{,}516 \cdot 2050}{2{,}55 \cdot 10^{-4}} = 178\ \Omega.$$

Rezistența bobinei pentru o temperatură medie de 40°C :

$$R_{40} = \rho_{40} \cdot \frac{l_{med} \cdot N}{s} = 1{,}991 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{12{,}516 \cdot 2050}{2{,}55 \cdot 10^{-4}} = 200\ \Omega.$$

Volumul de cupru din bobină :

$$V_{Cu} = l_m N \cdot s_{Cu} = 12{,}516 \cdot 2050 \cdot 2{,}55 \cdot 10^{-4} = 6{,}5 \text{ cm}^3.$$

Densitatea de energie :

$$q = \frac{P_b}{V_{Cu}} = \frac{200\,(4 \cdot 10^{-2})^2}{6{,}5} = 4{,}92 \cdot 10^{-2}, \quad \frac{\text{W}}{\text{cm}^3}.$$

Înlocuind, se obţine :

$$\tau' = \frac{q}{\lambda} C^x = \frac{4{,}92 \cdot 10^{-2}}{2{,}03 \cdot 10^{-3}} \cdot 0{,}127 = 3{,}08°\text{C}.$$

5. Supratemperatura suprafeţei exterioare τ_{ext}

Suprafaţa de răcire se consideră fiind formată de suprafaţa laterală şi de una din suprafeţele capetelor (superioară).

$$S_{sup} = g \cdot l_{med} = g\left[2\,(a' + b') + 2\,\pi\left(\Delta r + \frac{g}{2}\right)\right] =$$

$$= 0{,}575 \cdot \left[2\,(1{,}554 + 2{,}154) + 2 \cdot \pi\left(0{,}523 + \frac{0{,}575}{2}\right)\right] =$$

$$= 7{,}18 \text{ cm}^2.$$

$$S_{lat} = h \cdot l_{ext} = h\left[2(a' + b') + 2 \cdot \pi\,(\Delta r + g)\right] = 1{,}9\left[2(1{,}554 + \right.$$

$$\left. + 2{,}154) + 2 \cdot \pi\,(0{,}523 + 0{,}575)\right] = 27{,}2 \text{ cm}^2,$$

$$S_r = S_{sup} + S_{lat} = 7{,}18 + 27{,}2 = 34{,}38 \text{ cm}^2,$$

$$\frac{\Sigma \cdot P}{S_r} = \frac{\nu \cdot P_{Fe} + P_m + P_b}{S_r} = \frac{0{,}0303 + 0{,}216 + 0{,}32}{34{,}38} =$$

$$= \frac{0{,}5663}{34{,}38} = 1{,}65 \cdot 10^{-2}, \quad \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}.$$

$$\tau_{ext} = 8{,}5\left[\sqrt{100 + 1\,310\,\frac{\Sigma \cdot P}{S_r}} - 10\right] =$$

$$= 8{,}5\left[\sqrt{100 + 13{,}1 \cdot 1{,}65} - 10\right] = 8{,}5°\text{C}.$$

6. Supratemperatura maximă a înfăşurării

$$\tau_{med} = \tau'_{int} + \tau''_{int} + \tau_{ext} = 3{,}55 + 3{,}08 + 8{,}5 = 15{,}13°\text{C}.$$

Exemplu de calcul 2

Să se calculeze puterea activă cedată fierului şi temperatura medie a spirei în scurtcircuit, folosită în exemplul 1, având dimensiunile din figura 10.

Temperatura medie a spirei

Suprafaţa spirei în contact cu fierul : $S_{2Fe} = 2\,(2 + 1{,}5) \cdot (25 + 25) = 350 \text{ mm}^2 = 3{,}5 \text{ cm}^2$.

Suprafaţa spirei în contact cu aerul : $S_{2a} = 2\,(2 + 1{,}5) \cdot (15 + 15) = 210 \text{ mm}^2 = 2{,}1 \text{ cm}^2 = \frac{S_{2a}}{S} = \frac{2{,}1}{2{,}1 + 3{,}5} =$

$= 0{,}375,$

$M = (22{,}4 - \xi \cdot 15{,}4) \cdot 10^{-3} = (22{,}4 - 0{,}375 \cdot 15{,}4) \cdot 10^{-3} = 16{,}62 \cdot 10^{-3},$

$N = 3{,}2 + 0{,}3 \cdot \xi = 3{,}2 + 0{,}3 \cdot 0{,}375 = 3{,}3125,$

$$\frac{P_2}{S_2} = \frac{0{,}93}{5{,}6} = 0{,}166,$$

$$\theta_2 = \frac{-N + \sqrt{N^2 + 4 \cdot M}}{2 \cdot M} \cdot \frac{P_2}{S_2} \cdot 10^3 =$$

$$= \frac{-3{,}3125 + \sqrt{3{,}3125^2 + 4 \cdot 16{,}62 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}166 \cdot 10^3}}{2 \cdot 16{,}62 \cdot 10^{-3}} = 41{,}75°\text{C}.$$

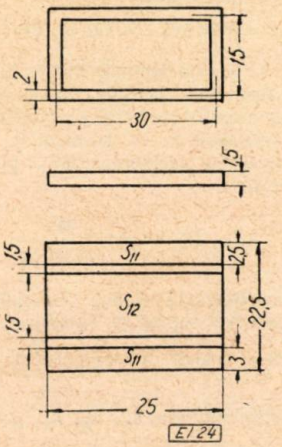


Fig. 10. Dimensiunile spirei-ecran.

Puterea activă cedată fierului :

$$k_{2Fe} = 3{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0{,}007\,\theta_2) = 3{,}2 \cdot 10^{-3}\,(1 +$$

$$+ 0{,}007 \cdot 41{,}75) = 4{,}14 \cdot 10^{-3}, \quad \frac{\text{W}}{\text{cm}^2 \cdot \text{grad}}.$$

$$P_{2Fe} = \theta \cdot S \cdot (1 - \xi) \cdot k_{2Fe} = 41{,}75 \cdot 5{,}6\,(1 - 0{,}357)\,4{,}14 \cdot$$

$$\cdot 10^{-3} = 0{,}607 \text{ W}.$$

Întrucît spira-ecran este montată pe armătura mobilă considerăm că numai 5 % trece în tronsonul pe care este montată bobina $\nu \cdot P_{2Fe} = 0{,}05 \cdot 0{,}607 = 0{,}0303$ W.

Bibliografie

[1] *Steinberg, C.* Teoria şi proiectarea aparatelor electrice Bucureşti, Editura didactică, 1958.
[2] *Liubcik, M. A.* Electromagneţi. Bucureşti, Editura tehnică, 1963, p. 53–122.
[3] *Babikov, M. A.* Aparate electrice (cap. X). Bucureşti, Edit. energetică de stat, 1953.
[4] Manualul termotehnicianului. Bucureşti, Edit. tehnică, 1961, p. 250–345.

Intrat în redacţie la 9. IV. 1964

Realizarea pieselor cu profil complicat din ferită prin turnare la cald sub presiune

L. Stănciulea, B. Marcus, L. Diaconu şi Al. Friedman* — Bucureşti

CZ 621.318.22:669

Asimilarea în ţara noastră a producţiei pieselor componente pe bază de ferite ale aparatelor de radio şi televiziune a impus cercetarea celor mai moderne soluţii pentru realizarea acestora. În fabricarea pieselor de ferită se aplică, în general, procedee tehnologice folosite curent în industria ceramică (amestecarea, măcinarea, presarea sau extruderea, tratamente termice).

În ultimii ani, pe lîngă metodele amintite, pentru procesul de formare a feritelor s-a mai adăugat o nouă metodă, aceea a turnării la cald sub presiune. Schematic, această tehnologie constă în injectarea la cald a unui sistem plastic (praf ceramic cu liant termoplastic) în forme reci, îndepărtarea liantului prin absorbirea acestuia într-un mediu de absorbţie la cald şi apoi tratarea termică finală a pieselor [1]. Prin această tehnologie poate fi realizat orice profil de piesă, cu utilaje relativ simple şi uşor de mecanizat, realizabile în ţară. Tehnologia de turnare la cald sub presiune permite totodată să se obţină o calitate superioară a pieselor şi un procent redus de rebuturi, datorită creării condiţiilor pentru realizarea unei densităţi mari şi uniforme de aglomerare a particulelor de material în piesă, şi anume:

— foloseşte în faza solidă a sistemului un material a cărui structură mineralogică a fost deja formată;

— sistemul se supune legilor hidraulicii, iar solidificarea sistemului are loc sub presiune, ceea ce duce la compensarea parţială a variaţiilor de volum produse la răcire.

Aplicarea acestei tehnologii la materialele pe bază de ferite a ridicat unele probleme legate de pregătirea materialului, ceea ce a făcut necesară efectuarea unui studiu în care să se determine corelaţia dintre parametrii ceruţi de tehnologia de turnare şi cei necesari obţinerii performanţelor magnetice ale feritelor.

1. Probleme privind caracteristicile pulberii de ferită, necesare obţinerii calităţilor magnetice

Studiul efectuat s-a axat pe două tipuri de materiale:

1) ferite cu permeabilităţi mari pentru frecvenţe joase;

2) ferite cu permeabilităţi mici pentru frecvenţe înalte.

În funcţie de structura finală pretinsă de caracteristicile electrice ale materialului, trebuie aleasă metoda corespunzătoare de preparare a pulberii necesare formării pieselor.

În cazul feritelor cu permeabilitate mare este necesară obţinerea unui material cu densitate mare, cu structură omogenă, cristale bine formate, de mărime determinată, pori mici, repartizaţi regulat şi de formă sferică [3]. Această structură permite o deplasare uşoară a pereţilor Bloch, reduce la minimum efectul demagnetizant al porilor, cum şi tensiunile interne, asigurînd astfel o permeabilitate mare şi pierderi reduse ale feritei.

Procesul de preparare a pulberii trebuie să urmărească obţinerea unui material relativ slab reacţionat la tratamentul de presinterizare şi cu o granulaţie cît mai fină, în scopul producerii unei reacţii cît mai puternice la tratamentul final. Din punct de vedere tehnologic, materialele de înaltă permeabilitate condiţionează pregătirea materialului prin:

— activitate ridicată la tratamentul termic final, deci reacţionare relativ scăzută la tratamentul de presinterizare;

— măcinare avansată a materialului pentru a realiza o fineţe mare a prafului.

În cazul feritelor pentru frecvenţe înalte sînt utilizate materiale cu permeabilităţi iniţiale reduse, pierderi reduse în înaltă frecvenţă, rezistivitate ridicată [4], [5]. Structura acestora este mult diferită de aceea a feritelor cu permeabilităţi ridicate. Condiţiile impuse acestei structuri sînt: porozitate relativ mare, omogenitate, lipsă de tensiuni interne, incluziuni.

Procesul de preparare a pulberii de ferită trebuie să urmărească obţinerea unor materiale bine reacţionate, omogene, avînd particule relativ mari. Reacţia acestor particule la tratamentul final va fi mai redusă, întîrziind densificarea şi permiţînd obţinerea unei porozităţi corespunzătoare.

În cazul materialelor pentru înaltă frecvenţă se cere deci:

— activitate relativ redusă la tratamentul final (deci reacţionare avansată la tratamentul de presinterizare);

— măcinare redusă a materialului pentru a realiza o granulaţie relativ grobă a prafului.

2. Principiile de pregătire a materialului în tehnologia de turnare la cald sub presiune

Tehnologia de turnare la cald sub presiune se bazează pe proprietăţile plastice ale unui sistem lichid la temperaturi de aproximativ

* *L. Stănciulea* şi *L. Diaconu* sînt cercetători principali la I.C.P.E., *B. Marcus* este şef de laborator şi *Al. Friedman* este cercetător la acelaşi institut.

70°C, format dintr-un liant termoplastic şi materialul ceramic din care trebuie formată piesa [1], [2], [6].

Această tehnologie nu este condiţionată de proprietăţile plastice ale materialului ceramic şi de aceea poate fi utilizat orice fel de material.

Tehnologia de turnare la cald sub presiune impune anumite condiţii, şi anume:

a) utilizarea unui material omogen, cu greutate specifică determinată;

b) utilizarea unui material a cărui structură cristalină să fie deja formată.

Aceste condiţii sînt cerute în scopul creşterii posibilităţii de realizare a unei structuri finale cît mai uniforme, micşorării cantităţii de liant necesare formării sistemului şi reducerii contracţiei, deci şi a posibilităţii de deformare la tratamentul final al pieselor.

Deoarece se lucrează cu o fază lichidă, formată dintr-un sistem de dispersie — particule solide în mediu lichid — este necesar ca faza dispersă să fie cît mai omogenă, pentru a nu crea condiţii de sedimentare, datorită diferenţelor de greutate specifică.

O foarte mare importanţă în tehnologia de turnare o au gradul de măcinare a materialului şi compoziţia granulometrică a prafului.

Dimensiunile particulelor influenţează atît cantitatea de liant necesară pentru formarea unui sistem cu proprietăţi bune de turnare, cît şi gradul de compactizare.

În general, tehnologia de turnare recomandă utilizarea unui material cu dimensiuni de particule cuprinse între 10 şi 40 μ. Deplasarea compoziţiei granulometrice spre predominarea fracţiunilor foarte fine (sub 1—2μ) duce la creşterea cantităţii de liant necesară pentru obţinerea unor şlichere cu proprietăţi bune. De asemenea, predominarea fracţiunilor de particule mari (150 μ) face ca proprietăţile şlicherelor să scadă (scade stabilitatea, sedimentează).

Analizînd aceste condiţii impuse în tehnologia de turnare sub presiune prin prisma cerinţelor performanţelor magnetice rezultă:

1) în cazul feritelor pentru înaltă frecvenţă, condiţiile de pregătire a materialului pentru turnarea sub presiune sînt identice cu cele indicate la punctul 2 pentru procedeele clasice de formare;

2) în cazul feritelor de permeabilitate înaltă, condiţiile de pregătire a materialului arătate la punctul 2 nu se încadrează în cele impuse de tehnologia de turnare, adică: presinterizarea materialului se face la temperaturi cu 300–400°C mai scăzute decît temperatura tratamentului final; măcinarea materialului este intensă pentru obţinerea unei granulaţii fine.

3. Lucrări experimentale

În cadrul cercetărilor efectuate s-a urmărit stabilirea influenţei următorilor factori asupra proprietăţilor şlicherelor de turnare şi a caracteristicilor magnetice finale:

— temperatura de presinterizare a materialului;

— timpul de măcinare a materialului.

Totodată s-a urmărit şi influenţa tehnologiei de formare asupra structurii şi performanţelor magnetice.

Pentru studiu s-a ales o compoziţie de ferită de Mn—Zn cu permeabilitatea iniţială de 1 300—2 00, compoziţie folosită curent pentru realizarea unor piese din ferite.

S-au efectuat trei tratamente de presinterizare la temperaturile (fig. 1 reprezintă diagramele):

a) 950°C cu palier de 5 h;
b) 1 050°C cu palier de 5 h;
c) 1 100°C cu palier de 5 h.

Asupra materialelor presinterizate au fost efectuate două variante de măcinare:

I — timpul de măcinare de 48 h;
II — timpul de măcinare de 96 h.

Din materialele astfel pregătite s-au realizat şlichere de turnare de diferite compoziţii. În urma ultimelor date prezentate de Gribovscki [1], care recomandă ca liant universal pentru tehnologia de turnare la cald sub presiune a pieselor ceramice parafina cu adaosuri de acid oleic sau ceară de albine, în studiul efectuat au fost utilizaţi aceşti lianţi.

Pentru fiecare variantă de tratament de presinterizare şi măcinare s-au efectuat şlichere de turnare cu compoziţiile indicate în tabela 1.

Tabela 1

Liant în şlicher, %	Compoziţia liantului		Material, %
	parafină	ceară	
11	10	1	89,0
12,5	11,5	1	87,5

Din ultimele şlichere s-au efectuat piese toroidale pentru a fi supuse tratamentului termic final şi măsurate din punct de vedere

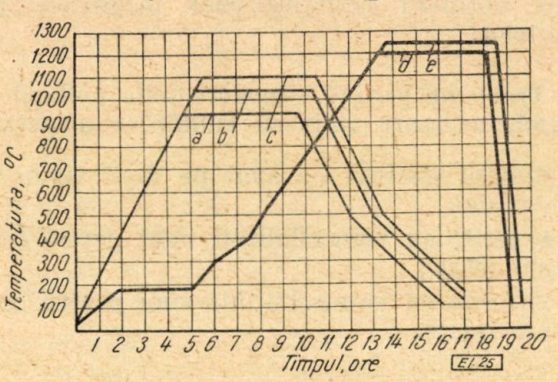


Fig. 1. Diagrama de presinterizare a materialului (*a,b,c*). Diagrama de tratament termic final pentru materialul utilizat în tehnologia de turnare sub presiune (*d,e*).

electric. Pentru comparație, din același material s-au realizat și tori prin procedeul clasic de presare.

Asupra torilor presați au fost efectuate mai multe tratamente termice la temperaturile maxime de 1 200 și 1 250°C cu palier de 5 h și cu răcire rapidă.

În figura 1 prin d și e se indică diagramele de temperatură a tratamentelor finale efectuate.

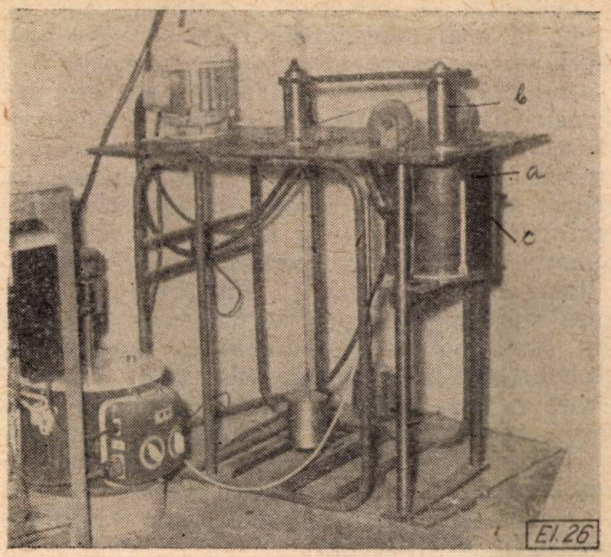


Fig. 2. Agitator pentru amestecarea la cald a sistemului de turnare:
a – vas de amestecare; *b* – agitator; c – cămașă încălzitoare.

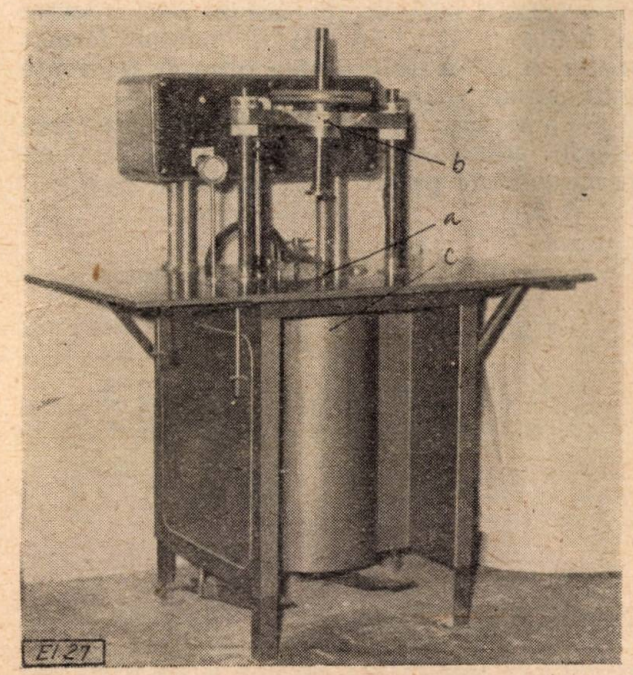


Fig. 3. Mașină de turnare la cald sub presiune:
c – canal de turnare; *b* – sisteme de fixare a matriței; *c* – bacul mașinii pentru amestecul de turnare.

În figurile 2 și 3 se prezintă utilajele folosite în lucrările experimentale.

4. Rezultatele măsurărilor

Asupra tuturor variantelor de șlichere au fost determinate caracteristicile:
- pierderile la calcinare la 700°C;
- timpul de curgere la 70°;
- capacitatea de turnare la 85°C și 4 at;
- rezistența mecanică la încovoiere statică;
- stabilitatea la 100°C după 5 și 12 h;
- greutatea volumetrică.

În tabela 2 se prezintă caracteristicile diverselor șlichere efectuate.

Tabela 2

Timpul de măcinare	Temperatura de presinterizare, °C	Cantitatea totală de liant, %	Timp de curgere, s	Capacitatea de turnare, mm	Rezistența mecanică, kgf/cm²	Stabilitatea, cm³
48	950	11	65	16	80	0,15–0,2
48	950	12,5	23	53	90	0,2 –0,3
48	1 050	11	45	40	119	0,0 –0,1
48	1 050	12,5	9	116	115	0,2 –0,2
96	950	12,5	24	59	111	0,2 –0,2
96	1 050	11	45	40	119	0 –0,1
96	1 050	12,5	11	108	121,5	0,1 –0,1
96	1 100	11	30	115	121	0,15–0,2
96	1 100	12,5	9	124	133	0,2 –0,2

În tabela 3 se arată comparativ performanțele magnetice obținute (valori medii pe cîte 3 piese, precizia măsurărilor $\frac{\sigma_\mu}{\mu}=7{,}5\cdot10^{-2}\frac{\sigma_a}{a}=10^{-1}$).

S-a urmărit numai variația principalelor caracteristici magnetice, și anume permeabilitatea inițială și factorul de calitate, deoarece acestea interesează în primul rînd pentru caracterizarea diverselor materiale.

Tabela 3

Temperatura de presinterizare, °C	Timp de măcinare, h	Temperatura tratamentului final, °C	μ_i		Q		Densitatea, g/cm³
			turnat	presat	turnat	presinterizat	
950	48	1 250	1 705	1 715	155	155	4,89
1 050			1 640	1 620	155	160	4,92
950		1 200	1 415	1 360	170	170	4,78
1 050		1 200	1 390	1 340	130	190	4,70
950	96	1 250	1 880	1 930	160	155	4,90
1 050			1 935	1 830	105	110	4,94
1 100				1 695		105	4,94
950		1 200	1 400	1 375	140	125	4,80
1 050			1 560	1 570	150	115	4,84
1 100			—	1 400	—	90	4,78

Verificîndu-se și celelalte caracteristici electrice (ciclul de histerezis, coeficientul de variație cu temperatura, temperatura Curie etc.) s-au ob-

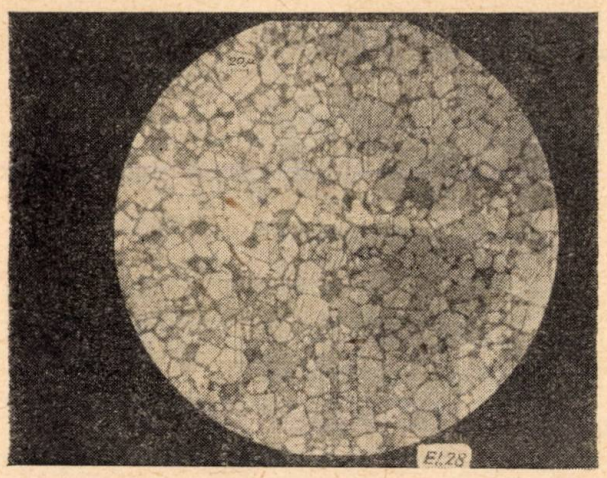


Fig. 4. Microstructura torilor de ferită realizaţi prin tehnologia de turnare şi presare (t_{final} = 1 250°C).

ţinut valori similare pe piesele toroidale turnate şi presate.

Din analizele caracteristicilor şlicherelor indicate în tabela 1 rezultă că parafina cu adaos de ceară de albine formează şlichere de turnare atît cu materialul presinterizat la 950°C, cît şi cu cel presinterizat la 1 050 şi la 1 100°C. Desigur însă că proprietăţile acestor şlichere variază în mod evident în funcţie de temperatura de presinterizare a materialului. Acest fapt se datoreşte, după cum era de prevăzut, proprietăţilor de suprafaţă ale particulelor care conferă proprietăţi diferite de absorbţie a liantului.

— Cu creşterea temperaturii de presinterizare performanţele şlicherelor de turnare cresc (timpul de curgere scade, capacitatea de turnare, stabilitatea, rezistenţa mecanică cresc).

— Se poate trage concluzia că materialul presinterizat la temperaturi mai înalte formează şlichere cu caracteristici mai bune, putîndu-se tinde spre scăderea cantităţii de liant din compoziţie, realizîndu-se astfel o densitate de aglomerare a particulelor mai mari.

— Totodată, din analiza rezultatelor măsurărilor electrice, rezultă că ridicarea temperaturii de presinterizare necesară realizării unui şlicher cu caracteristici optime în procedeul de turnare nu afectează în mod sensibil caracteristicile finale ale materialului.

Pentru materialele presinterizate la temperaturi mai ridicate se impune însă un timp de măcinare mai ridicat, pentru a obţine performanţe superioare. Mărirea timpului de măcinare nu influenţează negativ caracteristicile de turnare a şlicherelor.

Din analiza caracteristicilor electrice se constată că se obţin valori similare pe piesele toroidale efectuate prin turnare şi prin presare.

Analizele de structură efectuate cu microscopul metalografic, arătate în figura 4, demonstrează, de asemenea, similitudinea formaţiilor cristaline ale torilor de ferită realizaţi prin cele două tehnologii.

5. Aplicaţiile tehnologiei de turnare la cald sub presiune

Pentru verificarea eficacităţii noului procedeu tehnologic, acesta a fost aplicat în primul rînd asupra unor piese mai simple. Astfel au fost realizate bare de antene pentru unde medii şi lungi şi bare de antene pentru unde scurte. Materialele folosite au fost ferite de tip perminvar pentru frecvenţe înalte.

Aşa după cum s-a arătat, nu s-a efectuat nici o modificare de pregătire a pulberii, care se preta în mod corespunzător la turnarea sub presiune.

În ambele cazuri s-au folosit şlichere cuprinzînd 11% parafină, 1% ceară, 88% material. Piesele obţinute după tratamente finale au caracteristici satisfăcătoare, atît din punctul de vedere al aspectului (lipsite de deformări, suprafeţe fără asperităţi şi porozităţi), cît şi din punctul de vedere al performanţelor electrice.

Perspectivele aplicării tehnologiei de turnare sub presiune pentru realizarea pieselor din ferită pot fi considerate ca importante, ţinînd seamă în special de tendinţa de miniaturizare şi de utilizare a unor componente cu forme mai complicate şi funcţiuni multiple.

În continuare se arată unele aplicaţii care s-au rezolvat prin procedeul turnării sub presiune ca:

— piese din ferită de mică permeabilitate pentru înaltă frecvenţă;

— miezuri cilindrice cu orificiu parţial pentru bobine de acord de radio şi televiziune (fig. 5A (b));

— miezuri filetate pline sau tubulare pentru acelaşi scop (fig. 5A (c));

— miezuri oală de dimensiuni mici filetate şi nefiletate (fig. 5A (d) şi miezul format mosor (fig. 5A (e)) pentru filtre de frecvenţe intermediare radio.

Se apreciază că se mai pot realiza prin această tehnologie şi piese din ferite de mare permeabilitate pentru joasă frecvenţă ca:

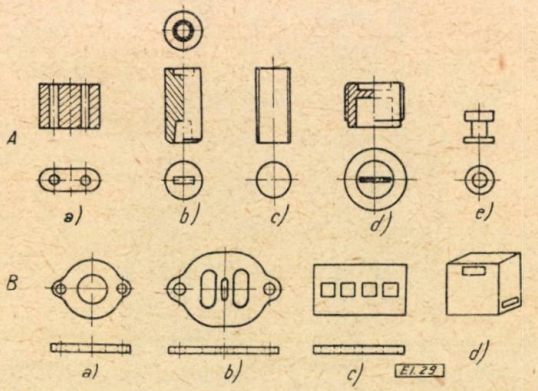


Fig. 5 *A*. Piese din ferită de mică permeabilitate pentru înaltă frecvenţă:

a — miez pentru transformator de simetrizare cu două orificii axiale pentru circuitele de intrare în televiziune; *b, c* — miezuri cilindrice pentru bobine de acord — radio şi televiziune; *d, e* — miezuri oală filetate şi miezuri mosor miniaturizate pentru filtre de frecvenţă intermediară radio.

B. Piese din ferită cu ciclu de histerezis dreptunghiular: *a, b* — modele de transfluxoare; *c* — laddic; *d* — biax.

— miez de bobină deflecţie pentru televiziune;
— miezuri cilindrice cu orificiu parţial pentru bobine de amplitudine, stabilitate şi liniaritate în televiziune;
— miezuri oală pentru telecomunicaţii;
— miezuri din ferită cu ciclul de histerezis dreptunghiular.

Din punctul de vedere al structurii cristaline, miezurile cu ciclu de histerezis dreptunghiular trebuie să prezinte o densitate ridicată, cu cristale de dimensiuni relativ reduse şi o porozitate limitată. Din acest punct de vedere se aseamănă în oarecare măsură cu structura feritelor de înaltă permeabilitate. Turnarea sub presiune poate rezolva cu succes, îndeplinind şi cerinţele unei productivităţi înalte, problema realizării miezurilor cu ciclu de histerezis dreptunghiular, cu configuraţie complexă, de tipul transfluxoarelor, biax, laddic etc., piese de mare importanţă pentru sistemele logice magnetice. Figurile 5B şi 6 prezintă cîteva tipuri de asemenea miezuri.

Realizarea magneţilor anizotropi prin presare în cîmp magnetic implică folosirea unui material cu un grad înalt de presinterizare şi o mare fineţe.

Găsind soluţii pentru realizarea unui şlicher adecvat se poate considera ca o soluţie foarte interesantă turnarea sub presiune a magneţilor anizotropi.

De asemenea, turnarea sub presiune va putea folosi şi la realizarea unui număr mare de piese din magneţi ceramici cu profile mai complicate.

6. Concluzii

Noul procedeu de formare a pieselor de ferită descris constituie o soluţie pentru realizarea acelor piese care prezentau pînă în prezent dificultăţi la formarea prin procedeele clasice, cum şi a acelora la care se obţin astfel caracteristici superioare sau un preţ de cost mai redus.

Atît instalaţiile folosite, cît şi matriţele de formare, sînt simple, uşor de mecanizat, neavînd piese în deplasare în timpul formării. Ele pot fi realizate în ţară.

Se pot atinge productivităţi ridicate prin folosirea matriţelor multiple sau a maşinilor automate.

Materialele folosite la formarea şlicherelor sînt ieftine şi se găsesc în ţară.

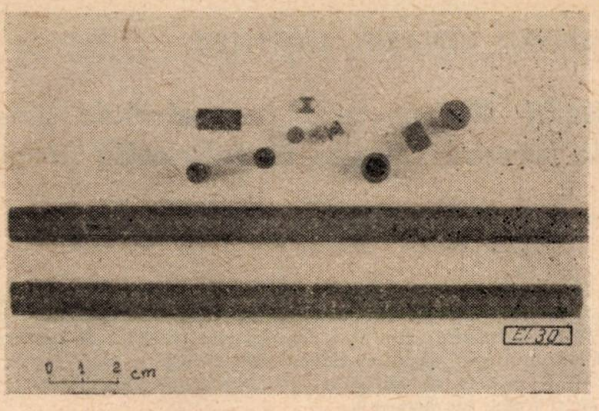


Fig. 6. Piese din ferită realizate prin turnarea la cald sub presiune, la I.C.P.E.

Prin folosirea materialelor puternic reacţionate la turnare se asigură piese fără deformări după tratamentul final, cu toleranţe strînse, nemainecesitînd prelucrări ulterioare.

Se menţionează că procedeul prezintă unele dificultăţi la realizarea pieselor cu secţiuni mari ale pereţilor, care necesită o atenţie deosebită la turnarea şi îndepărtarea liantului pentru obţinerea în final a unei structuri uniforme, lipsite de fisuri sau alte defecte.

Ţinînd seamă de cerinţele din ce în ce mai exigente, în special în condiţiile miniaturizării, turnarea sub presiune oferă un procedeu ieftin şi relativ simplu pentru formarea pieselor din ferită, a cărui aplicare la noi în ţară va contribui la dezvoltarea tehnicii de fabricaţie a feritelor.

Bibliografie

[1] *Gribovschi, P. O.* Turnarea la cald sub presiune a pieselor ceramice. Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1961.
[2] *Nicolae, M., Marcus, B.* şi *Diaconu, L.* Turnarea sub presiune a pieselor ceramice. Lucrări prezentate la a treia sesiune tehnico-ştiinţifică I.C.E.T., vol. **3**. Bucureşti, I.D.T., 1962, p. 68—81.
[3] *Heister, W.* Proprietăţile magnetice şi structura cristalină a feritelor de Mn-Zn. In: Journ. of Appl. Phys. Supl. vol. **30**, nr. 4, aprilie 1959.
[4] *Palatzky, A.* Technische Keramik. Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer Verlag, 1955.
[5] *Cîrlan, L.* şi *Friedman, Al.* Ferite pentru frecvenţe înalte. Lucrări prezentate la a treia sesiune tehnico-ştiinţifică I.C.E.T., vol. **3**. Bucureşti, I.D.T., 1962, p. 82—90.
[6] *Nicolae, M., Diaconu, L.* şi *Marcus, B.* Turnarea la cald sub presiune a pieselor ceramice cu dimensiuni precise. In: Industria Uşoară **8**, nr. 5, mai 1961, p. 184—191.

Intrat în redacţie la 20. X. 1964

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Studii dilatometrice la materiale plastice şi răşini de turnare folosite în fabricaţia produselor U.E.P.C.

Sever Şontea şi Maximilian Băltănoiu – Craiova

CZ 621.315.616:621.317.39:536.15

Folosirea din ce în ce mai largă a răşinilor de turnare şi a materialelor plastice în construcţia maşinilor electrice, a transformatoarelor şi a aparatajului electrotehnic la Uzinele „Electroputere" Craiova a determinat efectuarea unor experimentări menite să scoată în evidenţă proprietăţile tehnologice şi fizice ale acestora.

Una dintre problemele de bază ridicate de folosirea acestor materiale în practica industrială este dilatarea, ţinînd seamă, pe de o parte, de temperatura de lucru, iar pe de altă parte, de proprietăţile materialelor cu care acestea vin în contact în cadrul construcţiei.

Cantitatea cu care se dilată o unitate de lungime sau de volum la ridicarea temperaturii cu 1°C se exprimă printr-un coeficient de dilatare liniară sau cubică:

$$\alpha_{lin} = \frac{l_t - l_0}{l_{0t}}$$

$$\alpha_{cubic} = \frac{V_t - V_0}{V_{0t}}$$

unde:

l_t este lungimea dilatată;
l_0 – lungimea iniţială;
V_t – volumul dilatat;
V_0 – volumul iniţial;
t – temperatura de încălzire.

Modul de lucru. Pentru experimentări s-a folosit dilatometrul diferenţial după Ulbrich, seria 4330. Dilatometrul diferenţial este un aparat de analiză termică foarte sensibil. Principiul de lucru este arătat în continuare. Proba executată de o anumită formă (fig. 1) este susţinută în suportul unei bare de cuarţ împreună cu care se introduce apoi într-un cuptor electric tubular cu o etanşare perfectă (fig. 2).

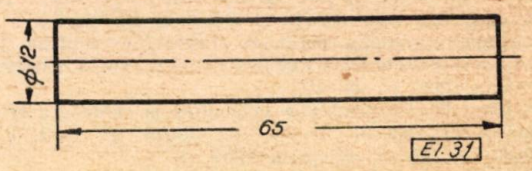


Fig. 1. Proba executată.

Dilatarea probei produce o deplasare corespunzătoare a barei de cuarţ pe direcţia verticală, deplasarea care se amplifică printr-un mecanism de 200 sau de 400 de ori.

Acest mecanism transmite mai departe mişcarea amplificată unui tambur rotativ pe hîrtia căruia se înregistrează dilatarea.

Dilatometrul este dotat cu un ampermetru care arată curentul.

Temperatura din interiorul cuptorului, adică temperatura probei, este măsurată cu ajutorul unui termocuplu NiCr-Ni prevăzut cu un sistem de compensare pentru păstrarea constantă a temperaturii de la capătul de sudură rece al termocuplului. Indicarea temperaturii măsurată de termocuplu este făcută de un milivoltmetru pînă la 1 000°C. În timpul lucrului se completează indicaţiile de aparate la un anumit timp.

Completarea se face pe un protocol de lucru, care include, în afară de timp, temperatura indicată de milivoltmetru, temperatura termometrului de corp, curentul. Ţinînd seamă de lungimea iniţială a epruvetei (L_0) şi luînd în considerare alungirea cuarţului (1) coeficientul de dilatare este:

$$\alpha = \frac{l}{U\,L_{0t}} + \frac{0{,}54}{10^6},\ \text{mm/mm°C}, \qquad (1)$$

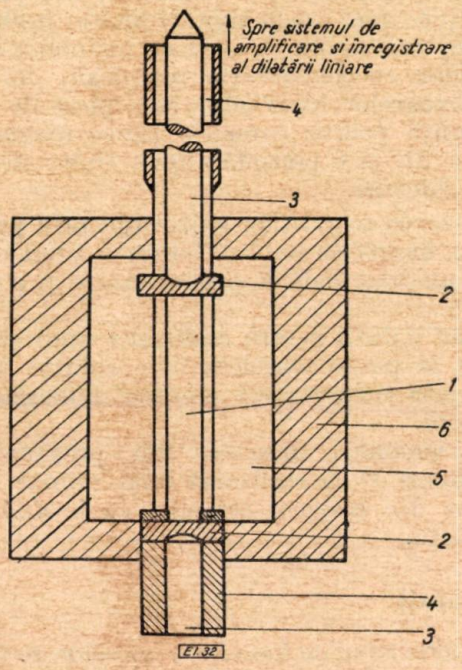


Fig. 2. Introducerea probei în cuptorul electric:
1 – epruvetă; *2* – şaibă cuarţ; *3* – bară cuarţ; *4* – ţeavă cuarţ; *5* – cuptor electric; *6* – strat de izolaţie termică a cuptorului.

iar alungirea:

$$A = \frac{l.10^4}{UL_0} + \frac{0{,}54\,\Delta t}{10^2},\ \mu/\text{cm}, \qquad (2)$$

unde:

U este factorul de amplificare;
Δt – diferenţa dintre temperatura indicată de milivoltmetru la un anumit timp şi temperatura indicată de milivoltmetru la începutul lucrului;
l – ordonata diagramei înregistratoare la un anumit timp.

Materiale experimentate rezultate obţinute. Au fost studiate răşinile sintetice de turnare: Araldit B, în două variante, fără umplutură de cuarţ şi cu umplutură de cuarţ, răşina Epoxy 2 000 şi răşina Dinox 110.

De asemenea, au mai fost studiate electropasta şi relonul uscat.

Răşinile de turnare se folosesc la construcţia diferitelor piese componente ale maşinilor electrice şi ale aparatajului electric de înaltă tensiune. În ultimul timp s-a trecut la fabricaţia în serie a carcasei transformatoarelor de măsură din răşină sintetică de turnare.

La început s-au folosit răşinile din import (Epoxy 2 000, Araldit B), iar ulterior, după studii experimentale, s-a trecut

la folosirea răşinii romineşti Dinox. Din răşini de turnare se confecţionează izolaţia la o serie de scule folosite în producţie, ca de exemplu : cleşti pentru sudură, şurubelniţe etc

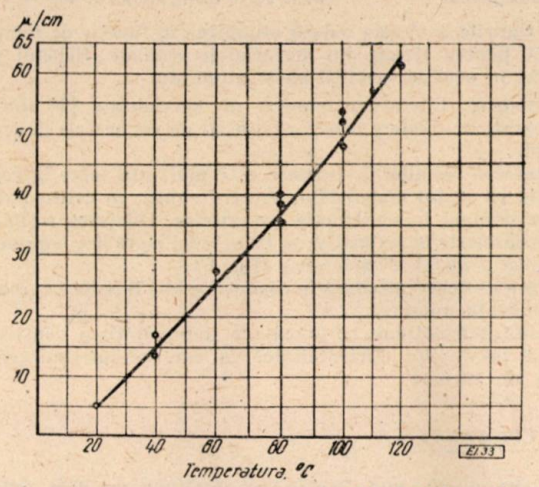


Fig. 3. Alungirea răşinii Araldit B în funcţie de temperatură.

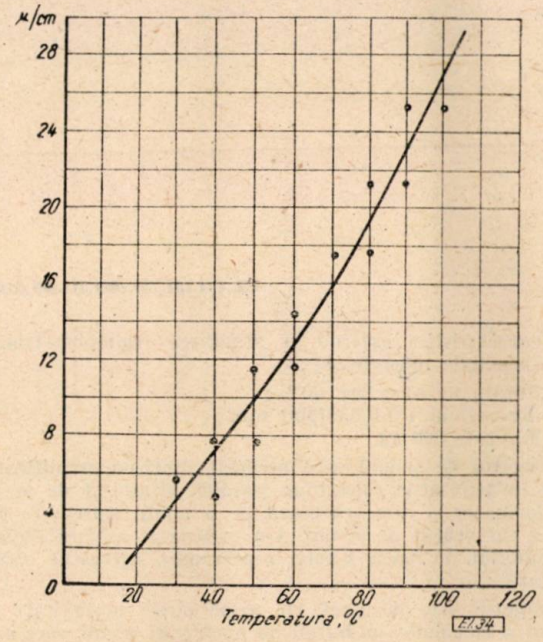


Fig. 4. Alungirea răşinii Araldit B cu făină de cuarţ în funcţie de temperatură.

Relonul uscat a fost experimentat în vederea folosirii lui în construcţia unor piese componente ale transformatoarelor de forţă.

Experimentările s-au efectuat pe un număr de cîte trei epruvete. Încălzirea probelor s-a realizat pînă la 100 °C, în afara răşinii Epoxy 2 000 care s-a încălzit numai pînă la 70°C. Viteza de încălzire a fost foarte înceată, lucrînd cu un curent foarte mic de circa 2 A. Marcarea temperaturii din cuptor şi amplitudinea deplasării acului pe ordonata diagramei termice au fost citite la un interval de 20°C.

Pe baza rezultatelor obţinute s-a trasat diagrama în care se exprimă alungirea în funcţie de temperatură şi s-a calculat coeficientul de dilatare liniară.

Coeficientul de dilatare liniară, determinat pentru materialele studiate, este următorul :

Araldit B	$59{,}8.10^{-6}$ mm/mm°C la 100°C ;
Araldit B cu cuarţ	$35{,}1.10^{-6}$ mm/mm°C la 100 °C ;

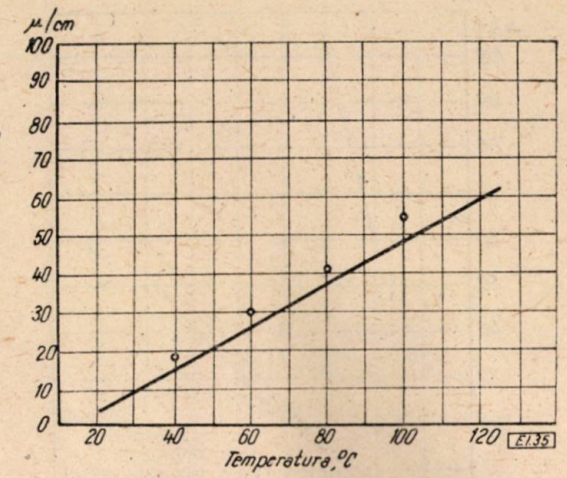


Fig. 5. Alungirea răşinii Epoxy 2 000 în funcţie de temperatură.

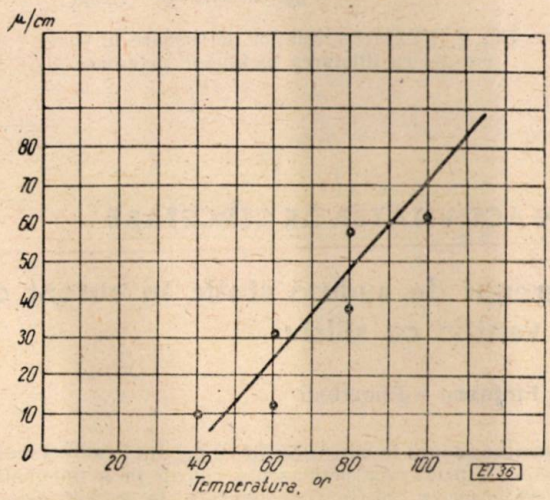


Fig. 6. Alungirea electropastei turnată U.E.P.C., în funcţie de temperatură.

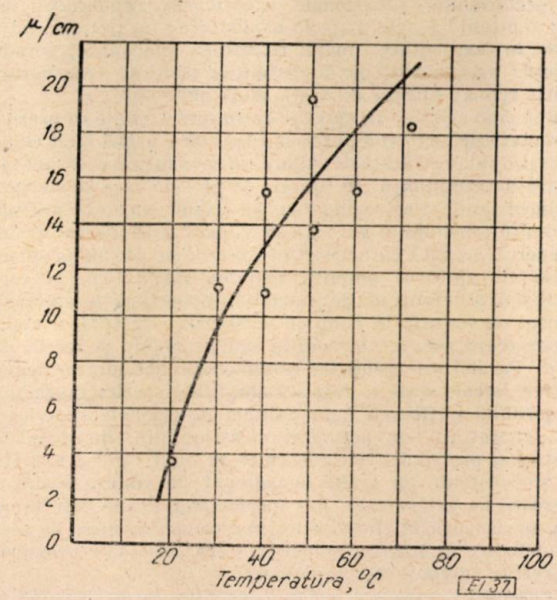


Fig. 7. Alungirea răşinii Dinox în funcţie de temperatură.

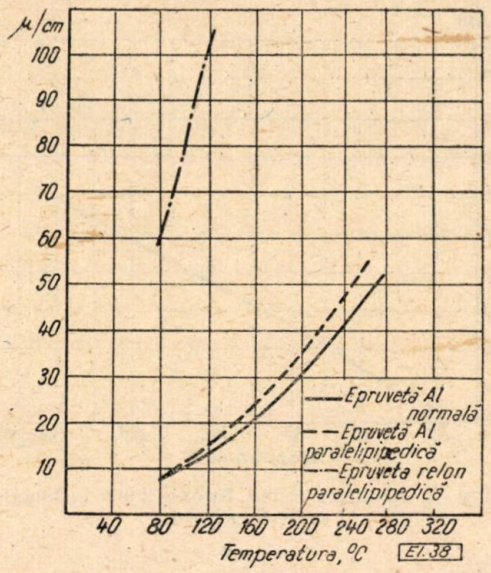


Fig. 8. Dilatarea rășinilor de turnare în comparație cu dilatarea metalelor neferoase.

Epoxy 2 000	$58{,}6.10^{-6}$ mm/mm°C la 100 °C;
Dinox 110	$51{,}1.10^{-6}$ mm/mm°C la 40 °C;
Electropastă	$79{,}2.10^{-6}$ mm/mm°C la 100 °C;
Relon uscat	$104{,}5.10^{-6}$ mm/mm°C la 100 °C.

În figurile 3—7 este redată alungirea în funcție de temperatură pentru fiecare din materialele studiate. Relonul s-a studiat în aceleași condiții ca și aluminiu.

Concluzii. Literatura tehnică de specialitate [2] indică coeficienți de dilatare foarte apropiați de cei arătați în acest articol.

Dilatarea rășinilor de turnare este mult mai mare în comparație cu restul materialelor electrotehnice cu care acestea vin în contact la construcția produselor. Dilatarea rășinilor de turnare este aproximativ de 10 ori mai mare în comparație cu aceea a metalelor neferoase (fig. 8).

Făina de cuarț introdusă în rășina Araldit B reduce aproape la jumătate dilatarea.

Rezultatele obținute au folosit la îmbunătățirea constructivă a produselor electrotehnice la care se întrebuințează rășini de turnare.

Bibliografie

[1] Behandlungs und Bedienungsanleitung zu dem Differenz-Dilatometer nach Ulbricht „Baurt Weiss".
[2] La practique des industries mécaniques, nr. 9, 1962.

DIN ACTIVITATEA DE CERCETARE

Agregat de sudură static în curent continuu cu ventile cu siliciu

Dan Finţescu — Bucureşti

CZ 621.791.735.:621.314..63:546.28

Deoarece sudura în curent continuu prezintă calități incontestabile, o procupare permanentă constă în a îmbunătăți și dezvolta mereu noi tipuri de agregate. În prezent, agregatele statice, care, deși nu se folosesc de mult timp, au început să înlocuiască pe cele clasice cu grup convertizor, datorită avantajelor pe care le au și anume:

— performanțe funcționale superioare; randament mai bun; siguranță foarte mare în exploatare; nu necesită întreținere în exploatare, mare robustețe mecanică; permite comanda agregatului de la distanță; ușor de transportat; gabarit redus; durată de viață mult mai mare.

După cum se știe, un agregat de sudură trebuie să prezinte o caracteristică externă puternic căzătoare, astfel încît curentul, în timpul procesului de sudură, să se mențină constant la o valoare determinantă, în funcție de piesele care se sudează, de dimensiunile electrozilor etc. De asemenea, este necesară o anumită tensiune în gol care să asigure aprinderea arcului. În general, această caracteristică externă se obține la sursele statice cu ajutorul amplificatoarelor magnetice, la care, prin reglarea curentului de comandă al acestora se stabilește curentul de sudură, în timp ce redresarea acestuia se obține cu redresoare uscate din seleniu sau germaniu și recent din siliciu. Paralel cu însușirile comune agregatelor de sudură rotative, la cele statice, datorită amplificatoarelor magnetice, este posibilă obținerea unor calități funcționale superioare.

În laboratorul de acționări electrice din Institutul de cercetări și proiectări electrotehnice în anul 1962 a fost studiat și construit un astfel de agregat de sudură static cu redresoare de siliciu care, prin performanțele pe care le prezintă, se situează în rîndul celor mai moderne surse de acest tip cunoscute în tehnica modernă. Caracteristicile principale ale acestui agregat sînt următoarele:

— curentul de sudură reglabil continuu între 50 și 350 A;
— tensiunea arcului de sudură 22—40 V;
— tensiunea în gol 67 V;
— caracteristica externă și stabilirea regimului tranzitoriu reglabile independent;
— durata de conectare 60%;
— dimensiuni 1 000/530/800 mm;
— greutate 300 kg.

Agregatul de sudură este alcătuit dintr-un amplificator magnetic trifazat cu conexiune paralel, alimentat de la un transformator și care debitează pe o punte redresoare trifazată, cu ventile de siliciu. Un ventilator asigură răcirea ansamblului. În figura 1 este reprezentat agregatul văzut din față.

Agregatul este înzestrat cu următoarele posibilități de reglare și comandă: un buton de pornire și oprire, care servește la conectarea și deconectarea transformatorului de alimentare de la rețea; un buton prin care se poate regla continuu valoarea curentului de sudură de la 50 la 350 A; un buton prin care se poate alege înclinația caracteristicii externe de sudură, adică a raportului dintre valoarea maximă a curentului, corespunzătoare contactului ferm al electrodului cu piesa de sudat, și a curentului de sudură, de 1,25 sau 1,5; un buton prin care se poate regla continuu alura regimului tranzitoriu de stabilire a curentului de sudură, între două extreme: una corespunzătoare stabilirii curentului de la zero la valoarea de sudură impusă prin butonul de la punctul 2, denumită „sudură moale"; alta corespunzătoare unui curent inițial mai mare de șoc, cu scăderea apoi la valoarea impusă prin butonul de la punctul 2 denumită și „sudură tare".

Agregatul nostru prezintă, față de cele cunoscute pînă în prezent, datorită unui sistem nou [1] de comandă a amplificatorului magnetic, următoarele avantaje: alegerea înclinației caracteristicii externe se poate face independent de alegerea regimului tranzitoriu de stabilire a curentului de sudură; alura regimului tranzitoriu de stabilire a

curentului poate fi reglată continuu între două extreme; datorită unei reacții negative galvanice în circuitul de comandă în timpul de pregătire sau în pauze, cînd nu se sudează, cir-

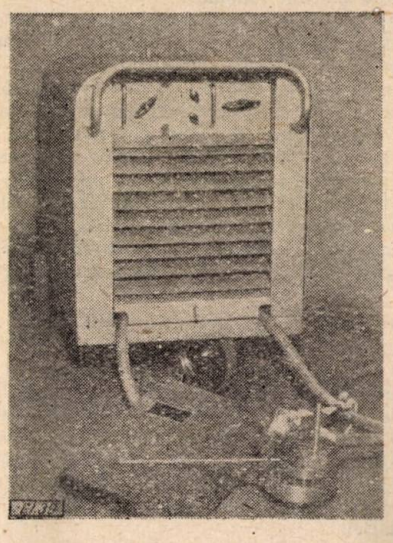


Fig. 1. Agregatul de sudură văzut din față.

cuitul de comandă nu mai este de la sine alimentat, ceea ce reduce consumul de energie electrică; gabarit și greutate redusă.

Prin modificarea pantei caracteristicei externe se poate alege, fie un regim în care puterea dezvoltată de arcul electric rămîne constantă, fie un regim în care scade cu mărimea distanței electrodului de piesa de sudat. Primul caz permite obținerea unui cordon de sudură uniform, independent de variațiile întîmplătoare și nedorite ale distanței electrodului de piesă, iar în al doilea caz, dimpotrivă, se poate varia puterea arcului și, prin aceasta, a cordonului de sudură prin variația distanței în mod voit de către operator.

Alegerea regimului tranzitoriu se face în funcție de poziția operatorului față de piesă, de grosimea acesteia etc. De exemplu, pentru tole subțiri, unde există pericol de străpungere la amorsarea arcului, este bine ca intensitatea curentului de sudură să se stabilească progresiv, deci un regim „moale" de sudură. Dimpotrivă, în cazul tablelor groase, este preferabil ca, inițial, să avem un șoc de curent mai mare, pentru o pătrundere mai bună în material.

Tensiunea de mers în gol s-a ales de 67 V pentru a putea folosi bine electrozi de dimensiuni mai mari. Această tensiune, în principiu, poate fi micșorată în vederea mărimii factorului de putere.

Valoarea curentului nominal de sudură de 350 A s-a ales ca o valoare introdusă în normele STAS. O construcție similară se poate face pentru curenți mai mari sau mai mici.

În ceea ce privește puterea redresoare, aceasta este realizată cu ventile de siliciu produse în laboratorul nostru de redresoare și este dimensionat pentru un curent de durată de 400 A. Folosirea ventilelor cu siliciu în agregate de sudură este foarte indicată, ținînd seama de randament, greutate, gabarit și preț de cost (toate acestea sînt în avantaj față de celelalte tipuri de redresoare), cum și de utilizarea rațională a ventilelor de siliciu, care din fabricație prezintă o tensiune inversă mai mică. În adevăr, în cadrul unei fabricații normale de ventile de siliciu, în mod statistic rezultă un procent din producție la care tensiunile inverse sînt anormal de mici și care se consideră deșeuri. Or, acestea pot fi cu succes folosite la agregatele de redresare de tipul prezentat aici, la care tensiunea inversă maximă de șoc este sub 100 V.

În prezent sînt în curs de execuție trei agregate la care puntea redresoare este alcătuită din șase ventile de siliciu cu un curent redresat de durată de 600 A. Agregatul va putea astfel fi folosit și pentru curenți pînă la 500 A, cu o durată de conectare de 60 % pentru 400 A.

Bibliografie

[1] *Finţescu, D.* și *Lapedatu, E.* Agregat de sudură static în curent continuu. Oficiul de stat pentru invenții D. 46. 340.

[2] *Finţescu, D., Lapedatu, E.* și *Dan, I.* Agregat de sudură static, în curent continu cu ventile cu siliciu. Lucrări prezentate la a patra sesiune de comunicări tehnico-științifice I.C.P.E., vol I, București. I.D.T., p. 132–149.

RECENZII

CZ 621.313.323–573.2.072.9

L. SANDHOLM. **Studies on the Synchronizing Process of Self-Starting Synchronoous Motors.** Stockholm, Suedia. In: Transaction of the Royal Institute of Technology, nr. 217, 1963.

Lucrarea conține 47 pagini și 40 referințe bibliografice, avînd următoatele capitole: 1. Introducere; 2. Ecuația mișcării rotorului; 3. Determinarea criteriilor de intrare în sincronism.

În introducere, autorul scoate în evidență aportul diferiților cercetători la rezolvarea acestei probleme și definește obiectul lucrării: stabilirea criteriilor de intrare în sincronism a rotorului motorului sincron la pornirea în asincron (autopornire).

Capitolul al 2-lea este consacrat ecuației mișcării rotorului. Se consideră cuplul asincron dezvoltat de înfășurarea de amortizare, luîndu-se în considerație și: componenta variabilă datorită repartiției incomplete a înfășurărilor de amortizare la periferia întrefierului; cuplul sincron, care apare la aplicarea tensiunii de excitație; cuplul sincron de reluctanță; cuplul sarcinii și cuplul datorit inerției maselor în mișcare.

Notînd cu: ω — viteza (electrică) unghiulară de rotație (viteza cîmpului sincron); γ — poziția rotorului față de o axă de referință; $x = (\omega t - \gamma)$ — unghiul intern de funcționare; s — alunecarea, rezultă $s = 1 - (1/\omega)\, \mathrm{d}\gamma/\mathrm{d}t$.

După o serie de transformări, ecuația rotorului se aduce la forma clasică:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{g - c(1 - b\cos 2x)\, y - \sin x - f \sin 2x}{y}$$

unde:

$y = \mathrm{d}x/\mathrm{d}\tau$ este variabila transformatei timp.

Este ușor de recunoscut în y la altă scară alunecarea mașinii.

Această ecuație integrală oferă posibilitatea de a o studia în planul de fază, în care ordonata reprezintă derivata temporală a abscisei.

Cu ajutorul ecuației integrale se delimitează în planul y,x regimul suprasincron și subsincron de funcționare, ținînd seamă de faptul că pentru $y = 0$ alunecarea este nulă.

În continuare criteriile de determinare a stărilor stabile de echilibru dinamic se stabilesc, discutîndu-se ecuația mișcării, delimitîndu-se curbele integrale de alunecare constantă ($\mathrm{d}y/\mathrm{d}_x = 0$):

$$y = \frac{g - \sin x - f \sin 2x}{c\,(1 - b\cos 2x)} \qquad (10)$$

și evidențiind punctele singulare ale ecuației integrale prin aducerea la următoarea formă:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Ax + By}{Cx = Dy}, \qquad (27)$$

care în funcţie de valorile concrete ale parametrilor A,B,C,D. devine :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Ax + By}{y}.$$

Aplicînd în continuare schimbarea de variabilă adecvată coordonatele ξ. η se definesc punctele singulare ale curbelor integrale nodal, în formă de şea, spiral, central şi de ordin superior; de asemenea se studiază caracterul stării de echilibru în jurul acestor puncte.

După această examinare teoretică generală se stabilesc criteriile de intrare în sincronism ale motorului, cu ajutorul ecuaţiilor separatricelor din planul de fază şi al punctelor singulare.

Pentru calculul numeric se foloseşte metoda Runge-Kutta cu aplicarea maşinilor de calcul.

Lucrarea constituie în prezent cea mai completă analiză a procesului intrării motorului sincron în sincronism. Ar fi fost de dorit ca această valoroasă contribuţie să fie completată cu date experimentale. Pe baza acestei lucrări, problema poate fi rezolvată complet, luînd în consideraţie valorile dinamice ale cuplului electromagnetic. De asemenea, o serie de curbe din care să rezulte valorile limită ale alunecării şi acceleraţiei limită în funcţie de valorile coeficienţilor cuplului sincron, asincron şi de sarcină ar fi ridicat foarte mult valoarea aplicativă a lucrării.

V. N. Nedelcu

CZ 621.315.615.2.004.1

R. A. Lipstein şi M. I. Sahnovici. **Uleiul mineral de transformator** (Transformatornoe maslo). Moscova-Leningrad, Editura Energhia, 1964, 320 p., 473 ref. bibl.

Cu toate tendinţele de înlocuire a uleiului mineral cu materiale sintetice clorurate sau siliconice, la impregnarea şi umplerea transformatoarelor de forţă şi măsură, pînă la ora actuală acest lucru nu a reuşit pe scară industrială. Din cauza aceasta, preocupările cercetătorilor se îndreaptă în continuare către studierea caracteristicilor chimice şi electrofizice ale sorturilor actuale, urmărindu-se realizarea de noi tipuri de uleiuri minerale cu caracteristici îmbunătăţite.

În cadrul seriei de lucrări cu caracter monografic „Polimerii în tehnica izolaţiei electrice" (Polimeri v elektroizoliationnoi tehnike) a apărut recent cartea specialiştilor sovietici Lipstein şi Şahnovici, cunoscuţi prin lucrările lor în domeniul uleiurilor minerale electroizolante.

Cartea fiind adresată inginerilor din industriile electrotehnică şi energetică are un pronunţat caracter electrofizic. Totuşi, pentru posibilitatea abordării de către aceşti specialişti şi a problemelor de structură chimică a acestor uleiuri, autorii prezintă în primul capitol al cărţii noţiunile strict necesare.

Mijloacele de fabricaţie a uleiurilor sînt tratate în cel de-al doilea capitol, autorii fiind de părere că, în general, sorturile de ulei de transformator pot fi clasificate după mijloacele de purificare a distilatului. Aceste mijloace ar fi în număr de patru şi anume : 1) cu acid sulfuric şi cu neutralizare ; 2) prin solvenţi (fenol, furfurol etc.) ; 3) hidratare sub presiune şi 4) folosind absorbanţi. La sfîrşitul acestui capitol se prezintă tendinţele moderne de obţinere a unor sorturi superioare de uleiuri minerale. În primul rînd, în scopul îmbunătăţirii răcirii transformatoarelor, sînt necesare uleiuri cu viscozitate scăzută,

În al doilea rînd se cere îmbunătăţirea caracteristicilor dielectrice şi în special a tg δ şi la fel a micşorării higroscopicităţii. Micşorarea tg δ se realizează prin intensificarea proceselor de filtrare folosind materiale absorbante (pămînturi colorate, gel de siliciu etc.), iar scăderea higroscopicităţii prin micşorarea conţinutului de elemente polare şi hidrocarburi aromatice.

În cel de-al treilea capitol se studiază procesele de oxidare ale uleiurilor minerale. Astfel, se prezintă ultimele studii în acest domeniu din U.R.S.S. şi din alte ţări. Se foloseşte metoda măsurării indicelui de aciditate în funcţie de timp a unor uleiuri din sorturi diferite şi la fel a vitezei de oxidare.

Un capitol special, al patrulea, se ocupă de problema adaosurilor care măresc durata de viaţă a uleiurilor minerale. Este interesant faptul că o serie de cercetători şi, în special, din U.R.S.S. au criticat această metodă. Totuşi, datorită rezultatelor obţinute în exploatare, această problemă este de actualitate şi se cercetează, mai ales că o serie de procese fizico-chimice ale acţiunilor adaosurilor (inhibitorilor) pînă la ora actuală nu sînt elucidate.

Problemele propriu-zise electrice încep a fi tratate în carte cu capitolul al cincilea, care se referă la comportarea uleiurilor minerale sub acţiunea cîmpului electric.

Autorii prezintă acest studiu într-un mod deosebit şi, în special, legat de tendinţa actuală în tehnica construcţiei transformatoarelor de forţă, respectiv de reducere a distanţelor de izolaţie în scopul micşorării gabaritelor, respectiv a creşterii gradienţilor de potenţial. Prima problemă a studiului este cunoaşterea influenţei cîmpurilor electrice de mică valoare asupra îmbătrînirii uleiului. Este vorba de valorile sub 50 kV/cm şi mai concret de maximum 20 kV/cm (2 kV/mm), care sînt gradienţii de lucru ai canalelor de ulei dintre bobinaje şi dintre faze.

A doua problemă este influenţa cîmpului electric asupra oxidării uleiului de transformator în prezenţa materialelor izolante de tip celulozic (preşpan, hîrtiile de cablu şi telefonice).

A treia problemă se referă la influenţa cîmpurilor electrice mai mari de 50 kV/cm. În izolaţia compusă din hîrtie impregnată în ulei mineral rămîn incluziuni gazoase, al căror număr şi dimensiuni depind de tehnologia deshidratării şi impregnării şi, în special, a vidului folosit. În aceste incluziuni se produc procesele de ionizare care au influenţă distructivă asupra izolaţiei.

A patra problemă a studiului se referă tocmai la influenţa ionizării asupra uleiului mineral. Se prezintă aparatura folosită şi rezultatele experimentărilor. Descărcările de înaltă tensiune în ulei formează obiectul celei de-a patra probleme şi în sfîrşit ultima problemă, a şasea, se referă la variaţia conductibilităţii termice a uleiului mineral sub acţiunea cîmpului electric.

Caracteristicile electroizolante ale uleiurilor minerale sînt studiate în capitolul al şaselea. Este vorba de permitivitatea relativă, pierderile dielectrice, rezistivitatea specifică şi rigiditatea dielectrică.

Capitolul al şaptelea tratează problema influenţei umidităţii şi gazelor asupra uleiului de transformator.

Problema transmisiei căldurii în uleiul de transformator este tratată în capitolul al optulea. Sînt de un interes deosebit diagramele termice ale diferitelor tipuri de uleiuri. În capitolul al nouălea se prezintă problema coroziunii metalelor feroase şi neferoase în mediu de ulei mineral. Este importantă această problemă întrucît, ca urmare directă a coroziunii metalelor, se formează acizi organici care accelerează oxidarea uleiului şi duce la creşterea pierderilor dielectrice.

Influenţa materialelor folosite în construcţia transformatoarelor asupra îmbătrînirii uleiului este tratată în capitolul al 9-lea. Aici se ţine seama că în ultima vreme s-au introdus noi materiale, atît oţeluri pentru miezurile magnetice, cît şi noi materiale izolante. În primul rînd este studiată influenţa metalelor, prezentîndu-se în diagrame şi tabele acţiunea fiecărui tip de metal. În ordine urmează influenţa lacurilor atît cele de impregnare ale bobinajelor, cît şi cele de acoperire a suprafeţelor interioare ale cuvelor şi ale conductoarelor de bobinaj. Această problemă a fost puţin tratată în literatura de specialitate şi autorii se bazează pe experimentări recente ale industriei de transformatoare din U.R.S.S. În fine, se tratează influenţa materialelor izolante solide.

Într-o formă grafică interesantă este prezentată această influenţă, respectiv prin valoarea indicelui de aciditate a epruvetelor de ulei în care s-au introdus materialele izolante studiate.

Capitolul al unsprezecelea tratează problema influenţei produselor de oxidare ale uleiului de transformator asupra îmbătrînirii materialelor izolante solide.

În capitolul al doisprezecelea se prezintă criteriile de apreciere a calităţii uleiurilor în stare iniţială, iar în ultimul capitol, al treisprezecelea, metodele de protecţie ale uleiurilor în transformatoare la oxidare şi umiditate.

Cartea conţine un bogat material informativ, putînd fi considerată într-adevăr o monografie a uleiului de transformator. Tabelele şi diagramele judicios întocmite prezintă rezultatele ultimelor cercetări în acest domeniu. Credem că

această lucrare va fi de un real folos atît inginerilor din fabricile constructoare de transformatoare, cît şi celor din industria energetică.

A. Bercu

CZ 621.315.61(001.12)

FRANK. M. CLARK. **Materiale electroizolante pentru proiectare şi aplicaţii tehnice.** (Insulating materials for design and engineering practice). New York, John Wiley, 1962, 1218 p.

În literatura tehnică americană au apărut în ultima vreme cîteva lucrări de bază în domeniul folosirii materialelor electroizolante. Astfel în cartea lui Arthur R. von Hippel „Dielectric Materials and Applications" (tradusă şi în limba rusă) se prezentau materialele izolante în capitolele corespunzătoare categoriilor de echipament electric, lucrarea avînd un caracter de îndreptar pentru proiectanţii electrotehnicieni. Studiul electrofizic propriu-zis al materialelor era prea sumar tratat în carte şi de altfel volumul întregii cărţi era oarecum redus.

Cartea lui Clark se axează tocmai pe acest studiu electrofizic şi din acest punct de vedere poate fi considerată ca o lucrare de bază contemporană.

Autorul, F. M. Clark, consilierul pentru problemele dielectricilor al companiei "General Electric Company" din S.U.A., are o bogată activitate tehnică şi publicistică în acest domeniu. Ocupîndu-se iniţial de izolanţii celulozici impregnaţi în uleiuri minerale, şi ţinînd seamă de deficienţele acestei izolaţii compuse, realizează primii dielectrici sintetici clorurati folosiţi la impregnarea condensatoarelor şi transformatoarelor de forţă cunoscuţi sub denumirea generală de Askareli şi cu denumirile comerciale ulterioare: Piranol, Clophen, Aroclor, Pyralenie, Sovol etc. Un alt domeniu de activitate se referă la tehnologia deshidratării şi impregnării echipamentului electric în general. În toate aceste domenii, autorul are peste 70 de articole publicate şi peste 100 de patente înregistrate. Considerăm că este utilă prezentarea autorului, dat fiind că în publicaţiile noastre nu a fost recenzată pînă în prezent vreo lucrare de a sa.

Cartea este împărţită în 16 capitole, dintre care primele şase se ocupă de problemele generale ale izolaţiei electrice avînd un caracter introductiv, şi de abia cu capitolul şapte începe studiul propriu-zis al materialelor.

Primul capitol se ocupă de problema alegerii materialelor. Cu caracter de discuţie, autorul trece în revistă diferite păreri şi ajunge la stabilirea principalilor factori care condiţionează această alegere.

Caracteristicile propriu-zise ale materialelor sînt clasificate în cel de-al doilea capitol şi sînt grupate în patru categorii: uzuale, mecanice, chimice şi electrice. În total, autorul enumără 81 caracteristici. Pentru un buletin complet de încercări asupra unui material izolant am avea nevoie de o broşură. Cele uzuale se referă la: aparenţă, culoare şi cristalinitate. La proprietăţile mecanice vom arăta pe cele mai puţin cunoscute din alte lucrări şi anume: condiţiile de suprafaţă, rezistenţa la abraziune, limitarea de folosinţă, posibilitatea de prelucrare cu maşini-unelte etc. La proprietăţile electrice, pe lîngă cele clasice, observăm compatibilitatea cu alte materiale, produsele formate la arc şi efectul de oxidare.

Capitolul trei, intitulat „Tehnologia izolaţiei", se ocupă pe scurt de problemele electrice care se pun izolaţiei sau mai bine-zis „schemelor de izolaţie".

În primul rînd este pusă problema alegerii juste a intensităţii cîmpului electric de lucru (gradientul de potenţial), apoi: repartizarea tensiunilor pe elementele componente ale izolaţiei, străpungerea dielectricilor, viaţa izolaţiei, problema ionizării, permeabilitatea dielectrică şi încadrarea termică a izolaţiei.

La această din urmă problemă, autorul, referindu-se la clasificarea după AIEE (American Institute of Electrical Engineers), rămîne la normele clasice (VDE şi altele) care au fost mult discutate în ultima vreme.

În capitolul patru este studiată în mod general problema deshidratării şi impregnării echipamentului electric.

După cum s-a arătat autorul are publicaţii şi patente în această problemă la care face referinţe atît în acest capitol, cît şi în capitolele privind materialele pe categorii.

Capitolele cinci şi şase se ocupă de problema terminologiei dielectricilor.

Cu capitolul şapte începe propriu-zis studiul dielectricilor şi anume al dielectricilor gazoşi. Autorul împarte gazele electroizolante în opt categorii: aerul, gazele hidrocarbonice, bioxidul de carbon, nitrogenul, gazele electronegative, hexafluorura de sulf, gazele hidrocarbonice halogenate şi vidul.

Materialele electroizolante lichide sînt tratate în cel de-al optulea capitol. În primul rînd sînt trecute în revistă uleiurile minerale folosite în construcţiile transformatoarelor, condensatoarelor, cablurilor şi întreruptoarele. Pe lîngă caracteristicile lor dielectrice ridicate, aceste uleiuri au o serie de dezavantaje: inflamabilitatea, permitivitatea relativă scăzută şi insuficienta stabilitate în timp. Plecînd de la aceste neajunsuri s-au realizat materiale sintetice de impregnare, obţinute pe calea policlorurării difenilului. În S.U.A. pentru prima oară au fost realizate de către autorul lucrării sub denumirea de Askareli în anul 1934. Mai tîrziu s-a extins fabricaţia acestor dielectrici sub denumirile comerciale: Pyranol, Inertin, Aroclor, Sovol, Dicanol, Pyraline, Clophen şi Nepolin. Se prezintă pe larg caracteristicile electrofizice ale seriei de produse Pyranol, fabricate de către „General Electric Company" – S.U.A. Temperaturile de congelare a acestor produse sînt între limitele $-44 \div +10$°C. Tot la capitolul dielectricilor lichizi sînt tratate uleiurile vegetale, esterii lichizi organici, hidrocarburile lichide sintetice, lichidele fluorurate şi dielectricii lichizi siliconici.

Izolaţia celulozică impregnată în uleiuri minerale, sintetic clorurate sau în alte lichide izolante, este tratată în cel de-al noulea capitol. Şi aici este prezentat numai studiul electrofizic, fără a se da indicaţii constructive sau tehnologice.

Capitolul zece se ocupă de izolaţia solidă „nerăşinoasă". Este vorba de asfalturi, bitumuri, parafine şi materiale ceroase. Acestea din urmă se referă atît la cele de provenienţă naturală, cît şi la cele sintetice.

Capitolele XI, XII şi XIII studiază dielectricii pe bază de răşini polimerice. După o trecere în revistă se studiază diferenţial răşinile termoplastice şi cele termoreactive. La primele este vorba de: polietilena, polistirenul, răşinile vinilice, poliamidice, policarbonatice, răşinile derivate din celuloză şi răşinile naturale. Răşinile termoreactive sînt cele epoxidice, poliesterice, siliconice, aminoplaste şi fenolice.

Tot în categoria materialelor izolante, însă denumite „Compuse", intră conductorii de bobinaj şi de instalaţii, de care se ocupă capitolul XIV.

Capitolul XV se ocupă de cauciucurile şi elastomerii naturali şi sintetici, iar ultimul capitol, XVI, de izolaţia anorganică.

Cartea este vastă, peste 1 200 pagini, şi este scrisă într-un stil curgător, avînd la începutul fiecărui capitol problemele de bază ale fiecărei categorii de izolanţi.

Lucrarea poate fi considerată ca monografie a materialelor electroizolante sub aspect electrofizic. Proiectantul de echipament electrotehnic găseşte aici date preţioase cu privire la caracteristicile tuturor dielectricilor, însă mai puţin date constructive şi chiar deloc indicaţii tehnologice cu privire la încadrarea acestor materiale în schemele de izolaţie a echipamentului electrotehnic. Prezentarea grafică este la înălţimea diagramelor trasate în formate mari şi urmărirea lor este comodă, însă surprinzător, în toată cartea nu sînt decît două fotografii.

Considerăm că lucrarea este de un real folos pentru electrotehnicieni, conţinînd caracterizarea electrofizică a tuturor materialelor izolante moderne.

A. Bercu

REFERATE

CZ 621.311 *Centrale nucleare*

CZ 621.311:539.17(13/19)

Kroms, A. **Aprovizionarea Statelor Unite cu energie nucleară** (L'approvisionement des États-Unis en énergie nucléaire). În: Bull. ASE **54**, nr. 26, 1963, p. 1125—1128.

Exploatarea a trei centrale nucleare la Shippingport, Dresden şi Yankee, echipate cu reactoare nucleare răcite cu apă şi putînd furniza o putere electrică de 100—200 MW, a dovedit posibilitatea acestui gen de reactor de a produce energie pe scară mare. Rezultatele obţinute în urma acestor experimentări au întărit hotărîrea constructorilor de a se realiza reactoare răcite cu apă (răcire cu apă sub presiune). Puterea totală a acestor centrale era în anul 1962 de 5 400 MW. Ele au dovedit că se adaptează uşor la fluctuaţiile rapide ale sarcinii şi au o securitate de exploatare ridicată. Tot exploatarea lor a arătat că puterea lor reală este mult mai mare decît aceea la care au fost construite (prin schimbări constructive, puterile acestor centrale au crescut chiar de la simplu la dublu).

Tendinţa care predomină astăzi în construcţia centralelor — întrebuinţarea de grupuri din ce în ce mai puternice — e favorabilă centralelor nucleare.

Există speranţa ca în cazul unităţilor mari (500—1 000 MW), diferenţa dintre costul construcţiei centralelor nucleare şi costul centralelor termice clasice să devină minimă într-un viitor foarte apropiat. Limita de putere este impusă doar de posibilitatea de transport al cuvei reactorului.

Dacă la început se prevedea o plasare izolată a acestor centrale, în momentul de faţă se prevede plasarea lor chiar în unele centre populate (în New York şi Los Angeles 2 unităţi de 1 000 MW), datorită măsurilor de securitate luate. Un alt avantaj al centralelor nucleare îl constituie suprimarea problemelor de aprovizionare şi de stocaj al unor cantităţi mari de combustibil, eliminarea cenuşii în atmosferă, factori prezenţi la celelalte tipuri de centrale.

În privinţa perspectivelor de dezvoltare a centralelor nucleare, dacă în prezent ele reprezintă 0,5 % din totalul energiei furnizate de celelalte centrale, în anul 1980 ele vor reprezenta 7 %. De asemenea, se constată tendinţa de a trece la reactoare nucleare care folosesc mai complet materialele fisionabile din combustibilul nuclear, adică la reactoare nucleare suprageneratoare.

F. T.

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.29.013.22:537.523.7

Generatorul magnetohidrodinamic de 8 MW al Societăţii Électricité de France. (Électricité de France's 8 MW MHD generator). În: Électr. rev. **175**, nr. 9, 28 aug 1964, p. 318—320, 4 fig.

Societatea Électricité de France a construit în laboratoarele sale din Renardières un generator magnetohidrodinamic de 8 MW (căldură) la 3 000°K pentru a servi la studiul aplicării acestui tip de generator în centralele electrice. Principala deosebire între acest generator şi instalaţiile mai mici studiate pînă azi este că „fenomenul de perete" pierde mult din importanţă, o dată cu creşterea valorii raportului dintre volum şi suprafaţă.

Electromagnetul, care are 32 t, este alimentat de la un transformator de 1,2 MVA printr-un redresor de siliciu conectat în punte, trifazat, de 11 kW, 236 V. Inducţia în conductă ajunge pînă la 3,1 Wb/m² şi întrefierul poate fi variat între 15 şi 115 cm. Sistemul de răcire a magnetului, cu apă parţial desionizată, menţine temperatura sub 40°C.

Se folosesc combustibili minerali rafinaţi şi carburant oxigen lichid. Flacăra pilot e alimentată cu propan. În combustibil se adaugă ca material uşor ionizabil un amestec de 20 % potasiu în metanol. Toată ţevăria este din oţel inoxidabil. În cursul experienţelor se vor folosi trei camere diferite. Toate vor avea aceeaşi secţiune 7,1×13,2 cm pentru jetul de plasmă. Pereţii şi electrozii vor fi diferiţi: prima va avea electrozi de oţel într-un postament din cupru; a doua, cu electrozi din cupru şi pereţii laterali din tuburi de cupru în ciment de aluminiu; a treia, are pereţii din plăci de cupru izolate electric între ele. Pentru acest al treilea dispozitiv, coeficientul Hall este mare, vectorul curent este decalat faţă de vectorul cîmpului magnetic, astfel încît puterea este extrasă axial, în loc de transversal pe conductă.

Generatorul este încărcat printr-un dispozitiv compus din 120 rezistenţe între 10Ω, 15 A şi 1,2Ω, 100 A, care se pot combina în diverse feluri printr-un comutator cu 32 contacte şi prin intermediul a 80 de cabluri.

De asemenea, se vor încerca în cursul experienţelor trei tipuri diferite de injectoare arzătoare.

Generatorul este instalat într-o sală mare, din care, în lungul unui perete, este separat un coridor de unde se comandă şi se supraveghează experienţele. Coridorul este despărţit de sală printr-un perete din beton armat, gros de 40 cm.

A. H.

CZ 621.313.045.001.8

Holopova, Z. I. şi Zukernik, S. V. **Stabilitatea termică a bobinajelor cu conductoare din cupru şi aluminiu cu izolaţie emailată pe bază de lacuri poliamidorezolice şi poliesterice.** (Nagrevostoikosti obmotok iz mednih i aliuminievih provodov semalevoi izolaţiei na osnove poliamidnorezolnih i poliefernih lakov). În: Elektrotehnika **36**, nr. 8, 1964, p. 1—4, 2 fig., 3 tab., 2 ref. bibl.

Pentru studiu s-au executat cinci electromotoare cu puterea pe unitate de circa 8 kW, fiecare cu bobinaje din alt sort de conductor: din cupru sau aluminiu şi cu alt tip de izolaţie emailată. Încercările au fost aceleaşi pentru toate cele cinci tipuri şi au constat din următorul ciclu: 1) examinarea exterioară a bobinajelor şi măsurarea rezistenţei izolaţiei; 2) îmbătrînirea termică sub trei temperaturi care să depăşească cu 20, 45 şi 70°C temperatura admisibilă a fiecărei clase de izolaţie; 3) examinarea exterioară a bobinajelor, măsurarea rezistenţei izolaţiei şi încercarea la tensiunea de 750 V, timp de 1 min; 4) încercarea la şoc timp de 60 min; 5) examinarea exterioară a bobinajelor, măsurarea rezistenţei izolaţiei şi încercarea la tensiunea de 750 V, timp de 1 min; 6) încercarea în climat umed, 95—100 % timp de 10 zile, cu măsurarea rezistenţei izolaţiei. Rezultatele au arătat că stabilitatea termică a conductoarelor emailate din aluminiu este superioară acelora din cupru, acoperite cu acelaşi tip de email. Astfel, conductoarele din cupru emailate cu lac poliamidorezolic pot fi considerate de clasa A, pe cîtă vreme conductoarele din aluminiu acoperite cu acelaşi lac corespund clasei E. Conductoarele din cupru acoperite cu lac poliesteric intră în clasa termică B, iar cele din aluminiu (cu acelaşi email) sînt de clasa F. În concluzie, se poate arăta că, în cazul trecerii de la cupru la aluminiu (pentru aceeaşi izolaţie de email), stabilitatea termică creşte cu o clasă.

A. B.

CZ 621.313.322—81.045.13.001.5

Paersch, H. **Preluerarea rezultatelor privind încercarea izolaţiei barelor din statorul generatoarelor în modelul de ancoşă.** (Auswertung der Untersuchungen von Generator-Ständerstabisolationen im Nutnadell). În: Elektrie, nr. 4, aprilie 1964, p. 101—105, 1 tab., 1 fig., 5 diagr.

Încercările au fost provocate de străpungerile apărute la bobinajul statorului în generatoarele cu încărcare specifică ridicată şi avînd izolaţia din micafoliu de şelac. Ca model pentru încercări s-a luat un segment al unui turbogenerator de 50 MW cu răcire cu apă, avînd tensiunea de 10,5 kV. Grosimea originală a pachetului de tole s-a păstrat. Segmentul încercat conţinea 5 ancoşe. Cele 10 bare din aceste ancoşe s-au legat în serie şi au fost alimentate cu 3 000 A, producîndu-se în acelaşi timp pe cale artificială şi căldura corespunzătoare pierderilor în fierul statorului. Concomitent se produce, tot pe cale artificială (prin ventilatoare), răcirea generatorului. În anumite puncte se măsoară temperatura

cu instrumente înregistratoare. După o descriere detaliată a realizării experienței (încălzirii) urmează rezultatele pentru diferitele variante ale izolației. O primă diagramă ne dă repartizarea frecvenței cumulate a factorului de pierderi dielectrice. Într-o serie de alte 3 diagrame se arată comportarea izolațiilor în funcție de îmbătrînire (factorii de pierdere, respectiv creșterea acestora), indicîndu-se și cauzele probabile pentru reducerea creșterii la factorul de putere odată cu îmbătrînirea. Capitolul din urmă conține concluziile definitive ale încercărilor, care formează obiectul lucrării, în special, tensiunea de străpungere în funcție de variațiile încălzirii, umflarea izolației și reducerea timpului de fabricație odată cu aceea a timpului de coacere a învelișurilor de izolație de pe barele statorului.

G.C.

CZ 621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.314.22:621.315.61

Whirter, Mc. J. H., ș. a. **Transformatoare de forță pe bază de rășini de turnare.** (Cast-resin power transformers). In : Westinghouse Engineer, ianuarie 1963, p. 13—15, 2 fig.

Se analizează posibilitățile de realizare a transformatoarelor de forță, de puteri medii (pînă la circa 1 000 kVA), cu bobinajele turnate în rășini sintetice termoreactive. După încercări laborioase s-a ajuns la concluzia folosirii de rășini epoxidice, cu caracteristici dielectrice ridicate și termomecanice. Totuși rămîne deschisă problema răcirii transformatorului și ca primă soluție se preconizează folosirea unui agent de răcire și anume fluor-carbon lichid F-75. Acesta este un produs complet fluorurat, stabil din punct de vedere termic și compatibil cu materialele componente ale schemei de izolație. Nu este inflamabil, are viscozitate mică, are căldură mare de evaporare, calități care contribuie din plin la transmisia bună a căldurii. Se consideră că aceste transformatoare vor fi de dimensiuni și greutăți mai reduse decît cele cu ulei. Izolația este la fel, superioară și în plus mai rezistentă la acțiunea agenților climatici.

Datorită acestor calități, transformatoarele în rășini epoxidice ar fi indicate pentru exploatare în mine, în încăperi comerciale, imobile de locuit, pe bordul vapoarelor, unde se pune problema spațiului și a pericolului inflamabilității. Aceste transformatoare ar tinde să înlocuiască actualele tipuri uscate, etanșe sau cele impregnate în materiale sintetice clorurate de tip : cloplen, piranol, aroclor, pyralen etc. Lucrările sînt în curs, fiind încă în stadiu de cercetare.

A.B.

CZ 621.314.212:621.315.2

Wolf, R. **Regenerarea uleiului și a izolației principale a transformatoarelor.** (Régénération de l'huile et de l'isolement principal des transformateurs). In: Bull. ASE **54**, nr. 23, 1963, p. 971—974, 5 ref. bibl.

Datorită contactului cu oxigenul din aer, uleiurile izolante sînt expuse în timpul funcționării la un proces de îmbătrînire care depinde, în special, de temperatura de funcționare a transformatoarelor și de constituția uleiului însuși. Indicații precise asupra acestui fenomen sînt date de măsurarea tg δ, a indicelui de neutralizare și a rigidității dielectrice. Starea izolanților solizi, egal influențată de calitatea uleiului, poate fi îmbunătățită prin tratarea corespunzătoare a uleiului.

Procedeul de regenerare descris, folosind pămînturile absorbante, permite o filtrare a uleiurilor de impurități rezultate din funcționare și duce la o ameliorare imediată a uleiului și a celorlalți dielectrici din construcția transformatorului.

Metoda se descrie pentru cazul practic al tratării unui ulei dintr-un transformator de 23 MVA, 150/50 kV, care a funcționat în rețea timp de 20 ani. Experiența arată că performanțele uleiului regenerat sînt echivalente cu ale unui ulei nou ; dacă se trece și la inhibarea uleiului, se ameliorează în plus și tendința la îmbătrînire. Ca preț de cost, procedeul descris reprezintă doar jumătate din costul ce s-ar stabili la înlocuirea uleiului dintr-un transformator cu un ulei nou.

F. T.

CZ 621.315 *Linii de transmisie*

CZ 621.315.337.4.3.011.22

Ganusevici, E. K. **Rezistența ohmică a conductoarelor emailate** (Omicescoe soprotivlenie emaliprovodov). In : Elektrotehnika, **35**, nr. 6, 1964, p. 35—37, 3 fig., 5 ref. bibl.

Pentru conductoarele de cupru emailate, folosite la bobinajele echipamentului electric și electronic, stabilitatea rezistenței ohmice are o importanță deosebită. Pentru mașinile și aparatele electrice normale se admit abateri în limitele 3—5 %, iar pentru aparatele de mare precizie abateri nu mai mari decît 0,01—0,1 %. Variațiile cele mai mari ale rezistenței ohmice le au conductoarele cu diametre mici (0,05—0,50 mm). Aceasta se explică prin următoarele cauze : rigiditate mecanică slabă și, în același timp, elasticitate ridicată, nestabilitatea regimurilor tehnologice în procesul de producție. Se studiază variația rezistenței ohmice specifice ρ a conductoarelor emailate cu secțiuni mici, cu diametre între 0,05 și 0,41 mm, în funcție de caracteristicile lor mecanice.

Rezultatele studiului arată că pentru conductoarele de secțiuni mici abaterea lui ρ este admisă în limitele 3—4,5 %. Se prezintă încercări pentru tipurile de conductoare emailate PEL și PEV, cele mai uzitate în construcția mașinilor electrice mici și mijlocii.

A.B.

CZ 621.315.615.23.001.4

Lipstein, R. A. **Variația schimbului de gaze a uleiurilor de transformatoare în funcție de componența grupei structurale și indicii fizico-chimici.** (Zarusimosti gazostoikosti masel ot strukturno-gruppovo sostava i fiziko-himiceschih pokazatclei). In : Elektrotechnika **35**, nr. 6, 1964, p. 62—64, 3 fig., 1 tab., 3 ref. bibl.

Acest studiu se face cu ajutorul aparatului tip Bennett. Condițiile experimentării sînt : folosirea de hidrogen pur, presiune atmosferică, temperatura 40°C, tensiunea 10 kV (intensitatea cîmpului electric de lucru 3,4 kV/cm).

Se prezintă un tabel cu caracteristicile fizico-chimice ale uleiurilor minerale de transformatoare și ale fracțiunilor rezultante din ele. Într-o diagramă se prezintă variația schimbului de gaze (absorbție și degazare) a uleiurilor de transformatoare în funcție de conținutul procentual de carbon în legăturile aromatice. La fel se studiază variația schimbului de gaze, în funcție de greutatea specifică și de indicele de refracție.

Se consideră ca factor important asupra schimbului de gaze al hidrocarburilor aromatice numărul de cicluri aromatice.

A.B.

CZ 621.315.624.4.015.52

Kalinin, E. V., ș. a. **Tensiunea de conturnare sub ploaie a lanțurilor lungi de izolatoare.** (Macroraziadnie napreajenia dlinih ghirliand izoliatorov). In : Elektriceskie Stanții **35**, nr. 9, 1964, p. 68—73, 10 ref. bibl.

După ce se prezintă tendința de a crește tensiunea de transport a energiei, la liniile de înaltă tensiune, se comunică rezultatele obținute la încercarea unor lanțuri de izolatoare pentru tensiuni mai mari de 500 kV. Lucrările s-au efectuat pe lanțuri de 10—32 izolatoare tip PM—4,5 și 12—30 π 8,5, cărora li s-au aplicat tensiuni pînă la 1,2 MV pe izolatoarele în stare uscată și 800 kV sub ploaie artificială.

Ca sursă de tensiune s-a folosit o cascadă de transformatoare 2×750 kV, măsura tensiunii făcîndu-se pe partea primară a transformatorului cu ajutorul unui divizor capacitiv.

La încercarea sub ploaie artificială s-au folosit duzele CEI, satisfăcîndu-se condiția ca rezistivitatea apei să fie 10^4 Ω cm (±10 %).

Încercările efectuate au avut drept scop de a verifica comportarea izolatoarelor de gabarit mic la tensiuni înalte, rezultatele experimentale fiind dezbătute pe larg.

F.T.

CZ 621.315.668.1:620.197.7

Nălchli, O. **Noi metode pentru impregnarea stîlpilor de lemn.** (Nouvelles méthodes pour l'imprégnation des poteaux en bois). In: Bull ASE **54**, nr. 22, 1963, p. 947—954, 12 ref. bibl.

Impregnarea stîlpilor de lemn trebuie să răspundă unor condiţii grele, aceştia fiind expuşi simultan la atacul insectelor, ciupercilor, ploilor şi intemperiilor. Tehnica impregnării s-a dezvoltat de la procedeul prin osmoză (care nu necesită nici un aparataj), la procedeul prin aspirare în cuvă, procedeul prin vid şi presiune alternată. Paralel cu această dezvoltare, durata de impregnare a scăzut ajungînd chiar la o zi. Se descriu pe larg aceste metode, ca şi substanţele antiseptice destinate impregnării. Pătrunderea antisepticului poate fi controlată cu ajutorul unor reactivi care capătă în contact cu substanţa introdusă o anumită coloraţie. Procedeul prin vid şi presiune alternată este din punct de vedere tehnic un procedeu bine studiat şi raţional, tinzînd să capete cea mai largă utilizare. Se menţionează că progresele obţinute s-au datorat nu numai dezvoltării tehnologiei de impregnare, ci şi fabricaţiei de noi tipuri de substanţe antiseptice.

F. T.

CZ 621.316.5 *Aparate electrice*

CZ 621.316.542.066.6.52.762.001.3

Levcenko, C. V. **Contacte metaloceramice pentru curenţi tari folosite în construcţia întreruptoarelor cu vid.** (Silnotocinîie metallo-keramiceschie kontakti dlia vacuumnih viklinciatclei). In: Elektrotehnika **35**, nr. 4, 1964, p. 16—18, 4 fig., 2 tab, 14 ref. bibl.

Se prezintă încercările efectuate asupra unor materiale metaloceramice pe bază de wolfram şi cu adaos de nichel sau cobalt şi nichel, pentru contacte folosite în construcţia întreruptoarelor cu vid. Incercările s-au făcut într-o instalaţie specială care reda condiţiile din camera de vid a întreruptorului. Rezultate interesante au fost obţinute la studiul determinării căderii de tensiune în arc, prin experimentarea contactelor cu strat din W-Co-Ni. În mod obişnuit, în cazul folosirii contactelor din wolfram, căderea de tensiune în arc atingea — la o distanţă a arcului de 4—6 mm — circa 30 V. La noile contacte metaloceramice, căderea de tensiune în arc a crescut pînă la 140—300 V (la o distanţă a arcului de 6 mm). Concluziile studiului arată că a fost găsit un material metaloceramic pe bază de wolfram cu adaosuri de nichel sau de cobalt şi nichel, foarte indicat pentru realizarea contactelor de la întreruptoarele cu vid. Aceste contacte sînt mult mai rezistente la eroziune decît vechile contacte din wolfram. La curenţi de circa 2 000—3 000 A, căderea de tensiune în arc este de circa 140—300 V. Aceste noi materiale pentru contacte se recomandă a fi folosite la întreruptoarele cu vid, lucrînd cu curenţi pînă la 2 000 A şi tensiuni de 3—10 kV, fără a mai fi necesară folosirea altor mijloace de stingere a arcului.

A. B.

CZ 621.316.927.3.618.5.001.3

Poltev, A. I. **Întreruptoare de sarcină cu elegaz pentru tensiunile 35—110 kV.** (Elegazovîie viklinciatelei nagruzki na napriajeniia 35—110 kV). In: Elektrotehnika **36**, nr. 8, 1964, p. 40—43, 8 fig.

Hexafluorura de sulf, cu denumirea în U.R.S.S. de elegaz, este folosită ca mediu izolant şi pentru stingerea arcului la întreruptoarele de sarcină. Elegazul are densitatea de cinci ori mai mare decît a aerului. Fiind strîns legat din punct de vedere chimic, elegazul nu acţionează asupra materialelor folosite în construcţia aparatajului de înaltă tensiune. La temperaturi mai mari de 800°C el se disociază, totuşi cantitatea produselor reziduale este mică. Rigiditatea dielectrică a acestui gaz este mult mai mare decît a aerului şi chiar la presiunea de 0,65 kg/cm² atinge valoarea respectivă a uleiului mineral de transformator.

Se prezintă curbele rigidităţii dielectrice a elegazului pentru electrozi diferiţi. Din compararea curbelor se vede că rigiditatea dielectrică a elegazului depinde de distanţa electrozilor la peretele izolatorului de porţelan, în interiorul căruia sînt montaţi electrozii. Elegazul are o capacitate ridicată de stingere a arcului. Din considerentele arătate reiese că elegazul poate fi folosit la întreruptoarele de sarcină cu tensiunile 35—110 kV. Principiul stingerii arcului în elegaz, bazat pe rotirea lui în cîmp magnetic radial, permite realizarea unei construcţii simple, robuste şi cu siguranţă în exploatare.

A. B.

CZ 621.318.2/3 *Materiale magnetice*

CZ 621.318.323.2.013.32

Morris, D. J. **Forma şi performanţele dispozitivelor magnetice cu mai multe întrefieruri.** (The shape and performance of multi-aperture magnetic-devices). In: Electr. Engineer, **36**, nr. 437, 1964, p. 440—447, 15 fig., 1 tab., 7 ref. bibl.

Prin adăugarea mai multor întrefieruri dispuse în diferite configuraţii geometrice la miezurile magnetice toroidale se obţin o serie de dispozitive denumite „Transflux", care oferă numeroase avantaje. Caracteristica principală este izolarea circuitului de intrare faţă de circuitele de ieşire. Folosirea acestor dispozitive în aplicaţiile logicii binare favorizează citirea nedistructivă şi interconectarea dispozitivelor printr-un singur fir metalic. Pentru obţinerea performanţelor dorite şi ameliorarea funcţionării se indică modificarea corespunzătoare a formei geometrice a dispozitivului şi se recomandă diferite configuraţii geometrice care au aplicaţii practice.

L. V.

CZ 621.319 *Condensatoare*

CZ 621.319.4:621.315.612.3.032.11:66.04

Pereselenţev, F. I. **Influenţa regimului de tratare termică în vid asupra caracteristicilor electrice ale condensatoarelor de forţă.** (Vliianiie protesa termovakuumnoi obrabotki na elektriceskie harakteristiki silonih bumajnih kondensatorov). In: Elektrotehnika, **35**, nr. 6, 1964 p. 49—50,8 fig., 5 ref. bibl.

Procesele tehnologice de deshidratare, degazare şi impregnare sub vid a condensatoarelor de forţă prezintă o importanţă deosebită în fabricaţia acestor aparate electrice. În funcţie de valoarea vidului folosit, se obţin şi caracteristicile dielectrice respective. Se studiază această influenţă pe epruvete din secţiuni de condensatoare cu capacitatea între 0,15 şi 0,2 μF şi grosimea dielectricului de 50 μ, impregnate în ulei mineral. Tehnologia impregnării a fost următoarea: deshidratare prealabilă la temperatura de 130°C şi în vid de 100 mm col. Hg. S-a măsurat apoi tg δ la temperaturile: 20; 40; 60; 80; şi 100°C, apoi secţiunile de condensatoare au fost din nou introduse în autoclave şi uscate la regimuri diferite de vid, după care s-a măsurat tg δ în funcţie de temperatură. După uscarea lor definitivă, epruvetele au fost impregnate în ulei mineral (tot în regimuri variate de vid). Rezultatele acestor încercări au arătat că vidul optim de impregnare este de circa 10^{-2} mm col. Hg şi, la acest vid, incluziunile de aer rămase în hîrtie se dizolvă în lichidul de impregnare. Se prezintă în diagrame măsurările de mai sus.

A. B.

CRONICĂ

CZ 061.3+061.75(439.1) VKI „1949–1964"

Sesiunea jubiliară a Institutului de cercetări pentru industria electrotehnică (VKI) din R.P.U.

În zilele de 1—5 decembrie 1964 a avut loc la Budapesta sesiunea ştiinţifică organizată cu ocazia împlinirii a 15 ani de activitate a Institutului de cercetări pentru industria electrotehnică (Villamosipari Kutató Intezet), cu participare internaţională. Şedinţa festivă de deschidere a fost prezidată de Kiss Arpád, preşedintele Comisiei naţionale pentru dezvoltări tehnice, din prezidiu făcînd parte dr. Horgos Gyula, ministrul metalurgiei şi construcţiei de maşini, dr. Urbánek Iános, directorul institutului, acad. Ianusz Lech Iakubovski, din Varşovia, acad. dr. Bedrich Heller, din Praga şi acad. dr. ing. Aurel Avramescu din Bucureşti.

Tov. ministru Horgos Gyula a trecut în revistă evoluţia industriei electrotehnice maghiare, de la eliberare, arătînd *orientarea cercetărilor* pentru sprijinirea acestei industrii, sarcinile ce revin institutului în condiţiile grele ale continuării programului de dezvoltare prevăzut, şi obiectivele de perspectivă. Între acestea s-a amintit şi necesitatea unei colaborări tehnico-ştiinţifice cu institute similare din ţările socialiste, cu scopul schimbului de experienţă şi al evitării cercetărilor în paralel.

Dr. Urbánek Iános, în raportul său despre *activitatea de 15 ani a institutului*, a trecut în revistă domeniul de activitate şi obiectivele institutului, dezvoltarea lui, rezultatele principale atinse pînă în prezent şi tematica de perspectivă, insistînd asupra condiţiilor necesare unei bune desfăşurări viitoare. Activitatea s-a concentrat asupra unor domenii deosebit de importante, pentru care s-au creat laboratoare speciale, de exemplu pentru semiconductoare (1952), tehnica izolării, electrotehnică generală (electronică şi măsurători). Se preconizează înfiinţarea unui laborator de telecomunicaţii. Expunerea s-a încheiat cu mulţumiri către partid şi guvern pentru sprijinul moral şi material acordat.

A urmat cuvîntul de salut exprimat de către cei trei academicieni din ţările prietene R.P.P., R.P.R. şi R.S.C. Din cele patru şedinţe de lucru, trei au început cu rapoarte de activitate şi s-au axat pe lucrări prezentate de laboratoarele de semiconductoare, electrotehnică şi izolanţi, o şedinţă fiind rezervată comunicărilor oaspeţilor străini.

Dr. Lukács József a prezentat *activitatea laboratorului de semiconductoare* care s-a referit la măsurări ale duratei de viaţă şi ale rigidităţii izolanţilor, la legăturile sinterizate bimetalice (Impala) dintre Cu şi Al, încercări de discuri carborund, de rezistenţe ceramice, neliniare, de difuzia căldurii în diode şi triode de putere din Si, la amorsarea de cercetări în domeniul generatoarelor termoionice. A urmat prezentarea unui astfel de *generator „termoinductiv"* bazat pe efectul Nernst-Ettinghausen. Dacă la capetele unei coloane de termistor cu o conductivitate de temperatură înaltă se aplică un şoc termic, în înfăşurarea din jurul coloanei se induce o tensiune. Se analizează fenomenele electrice şi termice tranzitorii, deducîndu-se o formulă pentru calculul randamentului electric respectiv total al generatorului. Subsemnatul a făcut remarca raportului de aproximativ 1:100 dintre constanta de timp a difuziei cîmpului electromagnetic faţă de cel termic în solide, ceea ce atenuează eficacitatea acestui generator.

Molnár István a prezentat o *metodică de calcul pentru încălzirea celulelor de siliciu şi de măsurare statică şi dinamică a parametrilor de exploatare a diodelor de putere.* S-au inclus metode de măsurare a temperaturii, a trecerilor p—n în stare izotermă şi neizotermă, a rezistenţelor termice ale diferitelor elemente din celule pe drumul debitului termic. Diodele măsurate sînt cele prevăzute pentru locomotiva electrică de 3 000 CP, construită după licenţe străine (din R.F.G. şi Elveţia).

Bogoly István s-a referit, în comunicarea sa, la *parametrii descărcătoarelor* cu rezistenţă variabilă, a căror îmbunătăţire reuşeşte printr-o dimensionare şi selecţie corespunzătoare a discurilor. După un calcul al performanţelor cumulate ale coloanelor de discuri şi de eclatoare s-au prezentat tipurile noi de dimensiuni reduse ale descărcătoarelor nou elaborate.

Jarács György a demonstrat strînsele relaţii dintre diferenţa de temperatură obţinută prin *răcire termoelectrică* şi cifra de calitate, care nu a atins încă limitele permise de calcule. S-au dat amănunte asupra unor aliaje care permit ridicarea cifrei de calitate.

Dr. Gádor László a prezentat *activitatea secţiei de electrotehnică*, domeniile tratate fiind orientate pe dezvoltarea generală a electrotehnicii, a electronicii industriale şi a automatizării echipamentului de curenţi tari.

Dr. Mocsáry Jozsef s-a referit, în comunicarea sa, la *siguranţele de medie tensiune şi mare putere de rupere* avînd fuzibile cu secţiune continuu variabilă şi o caracteristică de fuziune favorabilă atît în domeniul suprasarcinilor, cît şi în acela al scurtcircuitelor. S-a elaborat o tehnologie de fabricaţie în mare serie a acestor fuzibile. Încercarea la putere de rupere a dat rezultate superioare unor modele străine similare.

Dr. ing. Néveri István a readus în discuţie problema *contactelor electrice* pentru aparate de conectare de joasă tensiune. Cele mai bune rezultate s-au obţinut cu aliaje de Ag—CdO 90/10%, încercările făcîndu-se pe un dispozitiv special care asigură reproductibilitatea rezultatelor. S-a constatat că viteza de deconectare şi vibraţie a contactelor are şi ea o influenţă mare asupra uzurii contactelor.

Comunicările prezentate de delegaţii străini au fost axate pe probleme diferite, unele cu caracter pronunţat ştiinţific, altele mai mult de organizare a cercetărilor şi încercărilor.

Acad. dr. ing. Aurel Avramescu a conferenţiat despre *invarianţii refulării cîmpurilor şi curenţilor* care se reduc la derivatele în originea planului transformatei Laplace a funcţiei de transfer. Minimizarea valorilor funcţiei de transfer pe axa reală negativă şi pe verticale pe această axă, apropiate de axa imaginară, este echivalentă cu optimizarea sistemului, adică adaptarea lui optimă la fenomene tranzitorii.

Dr. ing. Walter Frischmann a vorbit despre *parametrii de fiabilitate ai aparatelor de înaltă tensiune* şi a ilustrat propunerile cu exemple din experienţa Institutului de încercări la putere, din Berlin (R.D.G.).

Dipl. ing. Adolf Smajler, director adjunct al cunoscutei Staţii de *încercări la putere de rupere*, de la Bachovice (C.S.R.), a trecut în revistă o serie întreagă de probleme ce s-au ivit în cursul numeroaselor încercări efectuate în acea staţie, dintre care unele preocupă marile organizaţii internaţionale CIGRÉ şi CEI.

Activitatea Laboratorului de tehnica izolării a fost arătată în altă şedinţă de către ing. chim. Leyrer Richárd. S-au cercetat şi elaborat produse din mică,

izolanți anorganici, lacuri și rășini poliesterice, respectiv epoxidice, izolații de crestătură, materiale stratificate, uleiuri, prafuri de presare, rășini de turnare aplicate transformatoarelor de măsură, încercarea lor în condiții de exterior etc. S-a ilustrat colaborarea cu alte institute din țară și străinătate și s-au schițat teme de perspectivă.

Dipl. ing. Otto Fritsche, directorul Laboratorului central pentru materiale presate și protecție climatică în electrotehnică, din Hennigsdorf (R.D.G.), a evidențiat tendințele de dezvoltare a materialelor izolante stratificate în R.D.G.

În domeniul tropicalizării activitatea laboratorului a fost comentată de către ing. Sulyok József.

S-au mai prezentat două comunicări, și anume *analiza termică și rezistența la descărcări superficiale a izolanților* de către chimiștii Dávid Péter și Kopniczky Szaniszló.

În afară de tematica laboratoarelor s-au situat trei alte comunicări :

Ing. Ganszky Károly despre *condițiile de mers în gol al acționărilor cu redresoare* și bobine de sugere.

Dr. Vitályos László despre *reglarea tensiunii generatoarelor sincrone compoundate.*

Ing. Kiss Miklós despre *reconstrucția seriei de blocuri a laminorului de la Diósgyör* prin introducerea de acționări reglate automat.

Ceea ce se desprinde din toate comunicările din institut este, pe de o parte, actualitatea temelor tratate, care preocupă, într-adevăr, în același timp și secțiile de cercetare din institutele altor țări, pe de altă parte, surprinzătoarea coincidență a relațiilor dintre direcțiile din ministere, comisia de plan, institutul de cercetări, secțiile de proiectare, întreprinderile electrotehnice și beneficiarii. Chiar și problemele de creștere a cadrelor de cercetători și specialiști sînt similare. Succesele în asimilarea echipamentelor elaborate se concentrează mai ales în temele ce se înscriau pe cîte o problemă majoră pentru economia națională, ca laminorul mare de la Diósgyör și locomotiva electrică cu redresoare cu Si, care va completa, după 40 de ani, parcul de locomotive Kandó, beneficiind de faptul că acest sistem este singurul care a introdus la acea dată curent alternativ de 50 Hz în firul de cale.

A urmat o zi de vizitare a laboratoarelor institutului aflate în trei incinte, constatîndu-se, în multe cazuri, încercări reușite de autoutilare și, în general, o lipsă de spațiu. Clădirea nouă a institutului VKI, situată la Zugló, a fost terminată și este în curs de echipare. Ea va putea fi dată în funcțiune în anul 1965, dacă se vor acorda fondurile necesare pentru asigurarea cărora conducerea depune multe eforturi, inclusiv organizarea acestei sesiuni jubiliare, care a reușit să atragă atenția forurilor conducătoare asupra importanței pe care o au institutele de cercetări.

Manifestările sociale au fost, de asemenea, la înălțime, astfel că se poate vorbi de un deplin succes al sesiunii.

Acad. dr. ing. *Aurel Avramescu*

CZ 061.3 : 539.17/18 : 631.3(498) „1964"

Conferința internațională despre „Tehnica experimentală la reactoarele nucleare de cercetare"

Agenția internațională pentru energia atomică (AIEA), împreună cu Comitetul pentru energia nucleară din R.P.R., a organizat în toamna acestui an, la București, o conferință internațională cu tema „Tehnica experimentală la reactoarele nucleare de cercetare".

Conferința a avut loc între 26 și 31 oct. 1964 în micul pavilion al Palatului Republicii Populare Romîne și au participat, pe lîngă delegații romîni, 45 de cercetători specialiști din 17 țări din Europa, Orientul Apropiat și S.U.A.

La această conferință s-au dezbătut numeroase probleme privind reactoarele nucleare de cercetare dintre care se prezintă, în continuare, cîteva mai importante.

Lucrările privind „Fizica reactoarelor — metode aplicate în reactoarele de cercetare" s-au referit la posibilitățile de măsurare a dozelor de radiații gama și a fluxurilor de neutroni termici, epitermici și rapizi din reactoare.

Printre lucrările ținute în cadrul problemei „Cinetica reactoarelor de cercetare", menționăm articolul prezentat de ing. Ionel Purica de la Institutul de Fizică Atomică, referitor la metoda caracteristicii de frecvență, care permite utilizarea fasciculului de neutroni de la reactor în locul unui accelerator de particule foarte costisitor. Metoda prezentată în această lucrare este originală și a trezit un viu interes în rîndul participanților.

În cadrul aceleiași probleme s-a vorbit despre automatizarea proceselor de comandă și control al reactoarelor de cercetare.

La discuțiile care s-au purtat în cadrul problemei „Tehnici experimentale pentru lucrări de fizica neutronilor" s-a insistat asupra realizării de elemente constructive și asupra introducerii automatizării care să permită efectuarea de mai multe experiențe la același canal al reactorului. Au fost prezentate două comunicări de către D. Bally și C. Dobrescu de la Institutul de Fizică Atomică.

În programul conferinței au mai fost incluse și discutate o serie de alte probleme legate de tehnica experimentală la reactoare și, în special, legate de tehnica securității muncii.

În urma discuțiilor asupra lucrărilor prezentate de specialiștii romîni, în urma vizitării laboratoarelor Institutului de Fizică Atomică, delegații străini au avut ocazia să cunoască realizările noastre în domeniul fizicii și tehnicii nucleare, precum și faptul că performanțele aparaturii folosite la noi în țară corespund nivelului mondial.

Lucrările conferinței au fost interesante și foarte utile prin realizarea unui larg schimb de experiență între specialiștii din diferite țări, avînd în vedere faptul că numărul reactoarelor nucleare de cercetare a crescut în ultimul timp foarte mult.

TEMATICA PE ANUL 1965

1. ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

1.1. Metode noi de calcul. Introducerea metodelor noi de calcul în electrotehnică: calculul cu mărimi complexe, calculul matricial, tensorial, cu operatori diferențiali, transformări funcționale, Laplace, Fourier.

1.2. Mașini de calcul electronice, analogice și cifrice. Adaptarea lor în problemele specifice. Principiile de funcționare a mașinilor electronice de calcul.

1.3. Semiconductoare. Stabilirea structurilor. Soluțiile constructive și tehnologice de fabricație a celulelor din Se și Si. Aplicațiile redresoarelor cu semiconductoare în electrotehnică. Construcția și aplicațiile generatoarelor Hall în măsurători electrice pentru măsurarea curenților mari. Pile termoelectrice.

1.4. Aplicații moderne ale efectului Peltier.

1.5. Teoria generală a plasmei și domeniile de utilizare în știință și tehnică. Utilizarea plasmei în tehnologie.

2. INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

2.1. Asimilarea de serii unitare moderne cu *parametri ridicați* în fabricația curentă. Principii de calcul tehnico-economic. Proiectarea și construcția elementelor seriei, stabilirea unei tehnologii moderne de fabricație.

2.2. *Îmbunătățirea calității produselor* prin proiectări, alegerea și controlul eficace al calității materialelor și al procesului de fabricație, cu aplicații în domeniul echipamentului electric.

2.3. Introducerea mecanizării și automatizării în procesele tehnologice ale producției cu scopul ridicării productivității muncii.
Linii automate de prelucrat repere de serie.

2.4. Fabricația în mare serie a bunurilor de larg consum electrotehnice: răcitoare și încălzitoare electrice, fiare de călcat, ventilatoare, aspiratoare de praf etc.

3. MAȘINI ELECTRICE

3.1. Ventilația mașinilor. Stabilirea caracteristicilor ventilatoarelor radiale și axiale, a rezistenței aerodinamice. Activarea răcirii prin ventilație.
Îmbunătățirea răcirii cu apă, cu ulei. Metode de calcul și experimentări pentru evaluarea efectului de răcire. Aplicații la mașini în fabricație sau în exploatare.

3.2. Vibrația și zgomotul mașinilor. Elaborarea unor metode de măsurare, stabilirea de măsuri pentru reducerea vibrațiilor și a zgomotului produs. Propuneri pentru mașinile de pe vehicule, mașinile de birou și din gospodării.

3.3. Pătrunderea undelor de impuls în mașini. Lămurirea fenomenelor fundamentale, elaborarea de metode și aparate de măsurare. Experimentări. Aplicații la mărirea stabilității față de impulsuri a mașinilor ce se racordează direct la linii de înaltă tensiune. Elaborarea de metode de defectoscopie pe bază de impulsuri și introducerea lor în fabricație.

3.4. Elaborarea, proiectarea, tehnologia și fabricația seriilor unitare de mașini asincrone. Compararea cifrelor caracteristice cu cele ale unor serii moderne. Serie de mașini asincrone cu poli comutabili dezvoltată din seria actuală de mașini asincrone normale. Serie unitară de mașini mari asincrone de 100—1 000 kW. Propuneri de principii în vederea elaborării. Compararea economică a soluțiilor.

3.5. Mașini electrice speciale. Construcția generatoarelor de medie frecvență. Construcția și funcționarea mașinilor de sudură speciale. Mașini cu înfășurări imprimate.

3.6. Reglajul automat al tensiunii generatoarelor sincrone. Metode și scheme de reglare cu și fără excitatoare. Excitarea statică cu redresoare. Automatizarea reglării.

3.7. Mașini electrice cu regim greu de funcționare. Dimensionarea și construcția mașinilor cu porniri și inversiuni frecvente, cu aplicații în industria extractivă, metalurgică, la mașini de ridicat etc.

3.8. Îmbunătățirea caracteristicilor de funcționare a mașinilor electrice. Caracteristici mecanice corespunzătoare sistemelor de acționare. Eliminarea factorilor ce limitează buna funcționare sau domeniul de reglaj. Obținerea unui randament optim în exploatare.

4. TRANSFORMATOARE

4.1. Răcirea transformatoarelor mari. Forțarea răcirii cu aer și cu ulei. Construcția răcitoarelor cu randament mare. Calcule tehnico-economice.

4.2. Stabilitatea transformatoarelor electrice la scurtcircuit.

4.3. Stabilitatea la impulsuri de tensiune. Repartizarea tensiunii de impuls pe înfășurări în diferite conexiuni. Oscilații tranzitorii și staționare. Dispozitive și metode de măsurare.

4.4. Coordonarea și reducerea degresivă, progresivă a izolației. Scăderea nivelului de izolație internă. Calcule tehnico-economice.

4.5. Seria unitară de transformatoare cu bobinaj de aluminiu. Principii de dimensionare optimă. Calcule tehnico-economice.

4.6. Transformatoare uscate, antideflagrante, antiexplozive. Metode de proiectare, experimentări pe modele, propuneri constructive pentru utilizări în mine și în industria chimică.

4.7. Reglajul sub sarcină a transformatoarelor și autotransformatoarelor. Soluții constructive. Reglajul automat și reglajul transformatoarelor acționînd în paralel.

4.8. Comportarea transformatoarelor cu tole texturate.

4.9. Transformatoare de încercare la înaltă tensiune. Construcții speciale economice.

5. REDRESOARE

5.1. Redresorul cu siliciu simplu și comandat. Performanțe, fabricare, experimentări.

5.2. Redresorul cu carbură de siliciu. Proprietăți.

5.3. Utilizarea redresoarelor cu semiconductoare: în scheme de autoexcitație a mașinilor sincrone, în schemele cu amplificatoare magnetice, la agregatele de sudură, la locomotivele electrice. Parametri, scheme funcționale, randament, economicitate.

6. MATERIALE ELECTROTEHNICE

6.1. Aluminiul ca înlocuitor al cuprului în electrotehnică. Aliaje din Al turnate, cu conductibilitate termică mare.

6.2. Aliaje rezistive. Posibilitățile de fabricare în țară. Proprietăți, utilizare, aplicații.

6.3. Cabluri și conductoare izolate. Tehnologie. Proprietăți. Construcții.

6.4. Izolanți superiori. Mică, micabandă, micafoliu. Materiale plastice noi. Bachelite, polietilene, poliamide. Rășini și lacuri din materiale sintetice. Elaborarea, tehnologia, proprietățile și utilizările materialelor siliconice, epoxidice, poliesterice etc. Proprietăți, aplicații.

6.5. Turnarea în rășini epoxidice a bobinajelor și izolatoarelor.

6.6. Izolatoare. Izolatoare-clopot din sticlă călită. Performanțe, economii în comparație cu izolatoarele din porțelan. Izolatoare de trecere de înaltă tensiune.

6.7. Uleiul izolant. Determinarea caracteristicilor. Stabilitatea uleiurilor în condiții de exploatare.
6.8. Proprietățile și tehnologia prelucrării tolei laminate la rece. Construcția modernă a miezurilor magnetice.

7. ECHIPAMENTUL REȚELELOR ELECTRICE

7.1. Stații și posturi cu celule prefabricate de distribuție interioară cu aparataj unificat.
7.2. Normalizarea unui sistem de panouri de joasă tensiune. Dimensionări, gabarite și asigurarea intersanjabilității.
7.3. Contactoare moderne. Studii și experimentări privind cinematica și comportarea la solicitări de durată. Uzura electrică a contactelor. Uzura mecanică. Comportarea la inversări dese.
7.4. Condensatoare. Soluții constructive noi. Comportarea în exploatare.
7.5. Întreruptoare de înaltă tensiune. Performanțele camerelor de stingere elementare. Conexiunea și compunerea din elemente. Comparația tipului cu ulei puțin și cu aer comprimat. Comportarea în rețea. Stabilitatea față de solicitări speciale. Deconectarea defectului kilometric a liniilor lungi, a capacităților și inductanțelor. Încercarea întreruptoarelor la puterea de rupere, metode sintetice de încercare.
7.6. Serii unitare de siguranțe fuzibile: cu bușon, rapide și cu întîrziere. Dimensionarea fuzibilului. Calculul încălzirii, experimentări asupra încălzirii.
7.7. Descărcătoare cu rezistență variabilă cu suflaj magnetic. Teoria și eficacitatea suflajului magnetic. Elaborarea de construcții noi cu performanțe superioare. Încercări pe modele.
7.8. Regulatoare de putere și frecvență în sisteme electrice. Studiul teoretic al comportării la transfer, constante de timp. Confirmări experimentale, propuneri pentru asimilări și pentru îmbunătățirea exploatării. Reglajul tensiunii și curentului cu amplificatoare magnetice cu aplicații la alimentări cu tensiune constantă, la motoare sincrone, la agregate de alimentare a unor instalații speciale cu filtrele electrostatice etc.

8. MĂSURĂRI ELECTRICE

8.1. Oscilografe. Descrierea funcționării, aplicații speciale la înregistrarea fenomenelor tranzitorii rapide.
8.2. Sonde Hall pentru măsurarea curenților, puterii etc. Scheme și dispozitive. Precizia măsurărilor.
8.3. Principiile de funcționare și utilizare ale aparatelor numerice de măsură (voltmetru, frecvențmetru etc.).
8.4. Măsurarea variației cuplului mașinilor asincrone la pornire, frînare, reglare.

9. UTILIZĂRI ELECTROTEHNICE

9.1. Tracțiunea electrică și Diesel electrică. Sistemul cu frecvență industrială în firul de cale. Scheme electrice. Echipament electric cu performanțe ridicate.
9.2. Acționări electrice moderne, cu comandă automată statică (cu semiconductoare și amplificatoare magnetice). Aplicații la mașinile de ridicat, la troliile sondelor petroliere etc.
9.3. Electrochimia. Electroliza industrială. Instalații de alimentare cu curent continuu. Acumulatoare cu Pb și cu NiFe. Microacumulatoare, construcții noi și performanțe.
9.4. Electrocăldura. Aparate electrotermice casnice, construcții moderne și performanțe. Cuptoare electrice, tipuri moderne. Funcționare și reglare automată. Electrocăldura în industrie.
9.5. Iluminatul electric modern cu lămpi fluorescente. Scheme pentru conectarea și gruparea tuburilor. Calculul iluminatului de interior și exterior.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Acad. R.P.R.; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil; ing. V. BUNEA; ing. V. CIOFU; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU; ing. AL. GRECEANU; ing. ȘT. GROSU; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct; conf. ing. G. LAZARIDE; ing. A. POPA; prof. ing. CRISTINA POPESCU; ing. VL. POPOVICI; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET; ing. ST. ȚIGANETEA; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. — Redacția și administrația, București, str. Ion Ghica, nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administrația revistei. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie București. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Intreprinderea „Informația", str. Brezoianu nr. 23—25, București, c. 4923.

41 400

SOMMAIRE

CD 621.372.011 :537.313

Rothman, A. : **La théorie du circuit électrique envisagée dans un sens élargi.**

Electrotehnica **13**, no. 1, jan. 1965, p. 1–9

On présente les caractéristiques algébriques et topologiques du circuit électrique qui permettent de l'interpréter comme un langage général pour la description d'un certain groupe de phénomènes auxquels on peut associer des relations linéaires d'une certaine nature. On indique les implications en sens élargi des théorèmes de Kirchhoff et on présente leurs conséquences modernes, c'est-à-dire la théorie des graphes d'influence.

CD 621.315.616.96 (498) : 621.317.333.015.5

Lăzărescu, E. : **Contributions à l'étude des propriétés diélectriques de certains matériaux plastiques fabriqués à partir de matières premières indigènes.**

Electrotehnica **13**, no. 1, jan. 1965, p. 10–13

On présente sommairement les conclusions déduites à la suite d'une étude expérimentale réalisée au moyen d'une série de mesurements concernant les propriétés diélectriques de quelques matériaux plastiques fabriqués à partir de matières premières indigènes. On analyse les résultats des recherches effectuées. De cette étude il résulte que les aminoplastes et le polystyrène sont les meilleurs matériaux diélectriques de tous les matériaux plastiques étudiés.

CD 621.318.321.025.1.001.24

Tomoiagă, R., Cosmin, Gh et *Feldman, E.* : **Le calcul de l'échauffement des bobines des électroaimants de courant alternatif.**

Electrotehnica **13**, no. 1, jan. 1965. p. 13–22

On étudie la circulation du flux thermique par les bobines des électroaimants de courant alternatif en régime de fonctionnement stabilisé, en tenant compte de tous les facteurs qui contribuent à l'échauffement du bobinage (les pertes dans le fer, dans la spirale-écran et dans la résistance de la bobine). On présente, en la comparant aux principaux systèmes de calcul cités par la littérature de spécialité, une nouvelle méthode de calcul des températures maxima établies dans la bobine. On indique aussi une méthode de calcul de l'échauffement de la spirale en court-circuit, encastrée dans le fer du noyau magnétique, basée sur certaines recherches expérimentales effectuées dans les laboratoires des usines „Electroaparataj".

CD 621.318.22 :669

Stănciulea, L., Marcus, B., Diaconu, L. et *Friedman, Al.* : **La réalisation des pièces à profil compliqué à partir des ferrites, par coulage à chaud sous pression.**

Electrotehnica **13**, no. 1, jan. 1965, p. 23–27

On présente le principe technologique du coulage à chaud, sous pression, ainsi que les recherches expérimentales effectuées à l'Institut de recherches et de projets électrotechniques (I.C.P.E.) en vue de leur application aux ferrites. On décrit les outillages utilisés et les pièces réalisées.

POUR LE JEUNE INGÉNIEUR

CD 621.315.616 :621.317.39 :536.41

Şontea, S. et *Băltănoiu, M.* : **Études dilatométriques concernant les matériaux plastiques et les résines de coulage utilisés pour la fabrication des produits U.E.P.C.**

Electrotehnica **13**, no. 1, jan. 1965, p. 28–30

L'ACTIVITÉ DE RECHERCHE

CD 621.791.73 :621.314.63

Finţescu, D. : **Agrégat statique de soudure fonctionnant à courant continu, doté de soupapes à silicium.**

Electrotehnica **13**, no. 1, jan. 1965, p. 30–31

COMPTES RENDUS 31–33
EXTRAITS 34–36
CHRONIQUE 37–38
PLAN THÉMATIQUE POUR L'ANNÉE 1965 39–40

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.3 ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621.3.064:621.316.1.027.3

Schutte, H. G. **Închiderea şi deschiderea unipolară în sarcină sau cu vid la instalaţiile de distribuţie de înaltă tensiune.** In : Electrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 16, 7 aug 1964, p.490—495, 10 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.21:061.3(44),,1964"

Aigner, V. **Transformatoare.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 17, 21 aug 1964, p. 518—523, 4 fig.

CZ 621.314.214.332.062.8

Stein, W. **Comutaţia în sarcină cu transformatoare în trepte cu ajutorul transformatoarelor de comandă a curentului.** In : Elektrotehn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 16, 7 aug 1964, p. 484—490, 21 fig.

CZ 621.315 TRANSMITEREA ENERGIEI ELECTRICE. LINII CONDUCTOARE. MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.1.015.3

Kuhn, H. D. **Tensiunea de cuplaj asupra reţelelor de înaltă tensiune în caz de anclanşare a liniilor trifazate cu vid în caz de tăiere scurtă.** In :Elektrotehn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 19, 18 sept 1964, p. 593—598, 12 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.315.2:061.3 (44) ,,(1964)"

Müller, U. **Cablu de înaltă tensiune.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 17, 21 aug 1964, p. 528—530, 1 fig.

CZ 621.315.2.001.6

Lucking, H. W. **Cabluri de joasă şi înaltă tensiune.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 19,18 sept 1964, p. 615—621, 12 fig., 61 ref. bibl.

CZ 621.315.61:537.226.8

Potthaff, K. **Ţinerea de lungă durată a materialelor izolante la contracţii termice.** In. Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 15, 24 iulie 1964, p. 449—454, 6 fig., 4 tab.

CZ 621.315.614.6

Greisuh. M. A. **Rezistenţa la impuls a izolaţiei de hîrtie impregnată a aparatelor.** In : Elektrotehnika **35**, nr. 4, apr 1964. p. 33—35, 5 fig., 3 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621.315.615.2:621.314.22

Tosev, P. G. **Unele rezultate ale studiului rigidităţii dielectrice a uleiului de transformator, cu aplicaţie la izolaţiile cu barieră de ulei.** In : Izo. VUZ Energhetika **7**, nr. 3, mar 1964, p. 38—43, 1 fig., 2 tab., 5 ref. bibl.

CZ 621.315.62:061.3(44),,1964"

Reverey. G. **Izolatoare.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 17, 21 aug 1964, p. 533—534, 1 fig.

CZ 621.315.623.027.3(083.3)

Zeihig, A. **Contribuţii la dimensionarea izolatoarelor suport de înaltă tensiune.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 19, 18 sept 1964, p. 610—614, 10 fig., 2 tab., 12 ref. bibl.

CZ 621.316 DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTRICE. REŢELE DE DISTRIBUŢIE. DESCHIDEREA ŞI ÎNCHIDEREA CIRCUITELOR. REGLAREA MĂRIMILOR ELECTRICE. PROTECŢIA APARATELOR

CZ 621.316:621.316.13:621.365

Kreysa, E. **Repartiţia simetrică a sarcinii reţelelor trifazate, cînd se racordează instalaţiile de încălzire monofazată prin inducţie.** In : Elektrotechn. Z (ETZ-A) **85**, nr. 16, 7 aug 1964, p. 496—501, 14 fig., 7 ref. bibl.

CONTENTS

DC 621.372.011 : 537.313

Rothman, A. : **Broad-sense theory of the electric circuit.**

Electrotehnica **13**, nr. 1, jan. 1965, p. 1–9

The author presents the algebraic and topological characteristics of the electric circuit allowing to interpret it as a general language for the description of a certain group of phenomena to which linear relations of a whatever nature are associable. The wide-sense implications of Kirchhoff's theory are pointed out and their modern consequences i.e. the fluent graph theory are presented.

DC 621.315.616.96 (498) : 621.317.333.015.5

Lăzărescu, E. : **Contributions to the study of the dielectric properties of some plastics manufactured from indigenous raw materials.**

Electrotehnica **13**, nr. 1, jan. 1965, p. 10–13

The conclusions drawn from an experimental study based on a series of measurements concerning the dielectric properties of some plastics manufactured from indigenous raw materials are briefly presented and the results of the investigations analysed. It is concluded that the aminoplasts and polystyrene are the best dielectric materials among the plastics studied.

DC 621.318.321.025.1.001.24

Tomoiagă, R., Cosmin, Gh. and *Feldman, E.* : **The heating calculus of alternating-current electromagnet coils.**

Electrotehnica **13**, nr. 1, jan. 1965, p. 13–22

The thermic flux circulation through the alternating-current electromagnet coils under stabilized working conditions is studied taking into account all the sources contributing to winding heating (iron, screen turn and coil resistance losses). A new method of calculating the maximum temperatures in coils is described and compared with the main calculation methods known from the relevant literature. A way of calculating the heating of short-circuit turns fit into the magnetic core iron is also suggested on the basis of experimental tests carried out within the framework of the „Electroaparataj" works.

DC 621.318.22 :669

Stănciulea, L., Marcus, B., Diaconu, L. and *Friedman, Al.* : **The production of intricate-shaped ferrite parts by hot die casting.**

Electrotehnica **13**, nr. 1, jan. 1965, p. 23–27

The principle of the hot die casting technology is explained and some information given concerning the experimental work carried out at the Institute for Electrotechnical Research and Designing in view of its application to ferrites. The equipment used and parts produced are also described.

THE YOUNG ENGINEER'S GUIDE

DC 621.315.616 :621.317.39 :536.41

Şontea, S. and *Băltănoiu, M.* : **Dilatometric studies on the plastics and casting resins used to manufacture the U.E.P.C. products.**

Electrotehnica **13**, nr. 1, jan. 1965, p. 28–30

FROM THE RESEARCH ACTIVITY

DC 621.791.73 :621.314.63

Finţescu, D. : **Direct-current static welding sets with silicon rectifiers.**

Electrotehnica **13**, nr. 1, jan. 1965, p. 30–31

REVIEWS 31–33

ABSTRACTS 34–36

CHRONICLE 37–38

THE THEMATICS IN 1965 39–40

CZ 621.316.5 :061.3 (44) „1964"

Hochrainer, A. **Intreruptoare.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 17, 21 aug 1964, p. 524—527, 5 fig., 1 tab.

CZ 621.316.54.027.26+621.316.37.027.26

Brückner, P. **Aparate de cuplaj şi instalaţii de joasă tensiune.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 18, 4 sept 1964, p. 583—588, 13 fig.

CZ 621.316.925.1

Funcţionarea greşită a protecţiei bornelor de înaltă tensiune. In : Elektr. stanţii **35**, nr. 4, apr 1964, p. 82—83, 3 fig.

CZ 621.317 MĂSURĂRI ELECTRICE

CZ 621.317 :621.316.72 :621.31.6

Ilikovici, M. A. şi *Sulman, R. B.* **Stabilizatoarele şi sursele stabile de alimentare cu curent continuu în tehnica măsurărilor.** In : Izmeritelnaia tehnika, nr. 2, feb 1964, p. 42—45, 3 fig., 16 ref. bibl.

CZ 621.317.333.8

Etzel, O. şi *Helmechen, G.* **Calculul elementelor de circuit de tensiune de şoc pentru tensiunile de şoc 1,2/50 ; 1,2/5 şi 1,2/200.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 18, sep 1964, p. 578—582, 7 fig., 3 tab., 13 ref. bibl.

CZ 621.317.7.085.36 :621.316.31 :535.376

Butusov, I. V. şi *Ciufreakov, L. F.* **Instalaţie indicatoare numerică cu semne electroluminescente.** In : Avtomatika i priborostroenie, nr. 1., ian — mar 1964, p. 25—27,2 fig.

CZ 621.317.7.085.36 :621.374.323

Evtusenko, V. V. **Contor în decade cu indicaţie numerică luminoasă.** In : Avtomatika i priborostroenie, nr. 1, ian-mar 1964, p. 32—33, 2 fig.

CZ 621.317.755 :621.398

Kime, F. W. **Citirea directă pe ecranul unui tub catodic a datelor transmise prin sisteme de telemăsurare.** In : Power Engng., **68**, nr. 3, mar 1964, p. 33,2 fig.

CZ 621.318 APLICAŢII INDUSTRIALE ALE MAGNEŢILOR ŞI MAGNETISMULUI. ELECTROMAGNEŢI. RELEE

CZ 621.318.2.001.24

Aslasevskaia, P. S. **Calculul magneţilor permanenţi.** In : Izv. VUZ. Elektromehanika **7**, nr. 3, mar 1964, p. 295—304,6 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.318.3

Scetinin, T. A. **Dimensionarea elementelor circuitului magnetic al electromagneţilor de curent continu.** In : Elektrotehnika **35**, nr. 4, apr 1964, p. 49—52,6 fig.

CZ 621.318.3

Kizovleva, F. I. şi *Pekker I. I.* **Calculul de verificare a unui electromagnet blindat folosind maşini numerice de calculat.** In : Elektrotehnika **35**, nr. 4, apr 1964, p. 52—54, 4 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.318.34 :62—71

Oswald, B. **Producerea cîmpului magnetic staţionar de putere cu ajutorul bobinelor cu răcire cu apă.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 16,7 aug 1964, p. 481—484, 1 tab., 8 ref. bibl.

CZ 621.318.59 :535.632

Bass, E. I. şi *Budkin, V. V.* **Relaţiile generale pentru releele Hall încorporate, care măsoară două mărimi electrice.** In : Elektricestvo, nr. 3, mar 1964, p. 82—86, 2 fig., 6 ref. bibl.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

For advertisments in rumanian periodicals apply to

PUBLICOM

Modern, efficient advertising on the Rumanian market in full progress of economic development

RUMANIAN PUBLICITY AGENCY

BUCHAREST, RUMANIA — B-DUL N. BĂLCESCU No. 22

TEL.: 14.75.36

PUBLICOM

PUBLICOM

Faites votre publicité dans la presse roumaine de spécialité en vous adressant à

PUBLICOM

Réclame moderne, frappante, efficace, s'adressant au marché roumain en pleine évolution économique

AGENCE ROUMAINE DE PUBLICITÉ

BUCAREST, ROUMANIE — B-DUL N. BĂLCESCU No. 22

TEL. 14.75.36

Werben Sie in der rumänischen Fachpresse durch

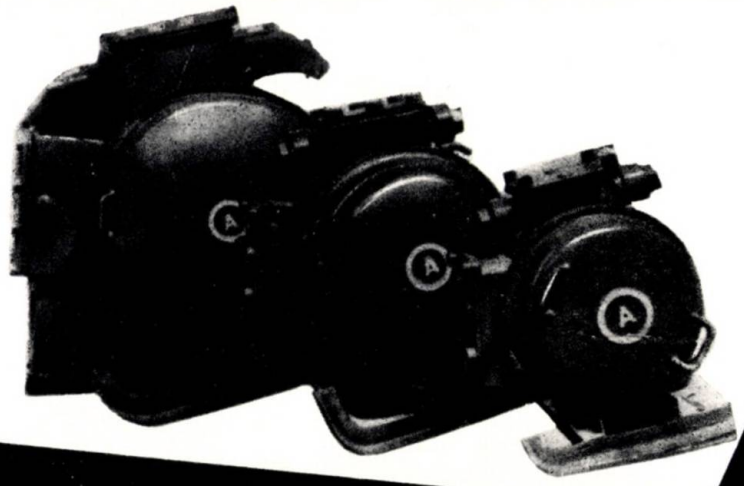
PUBLICOM

Moderne und wirksame Reklame auf dem aufstrebenden rumänischen Markt

RUMÄNISCHE WERBEAGENTUR

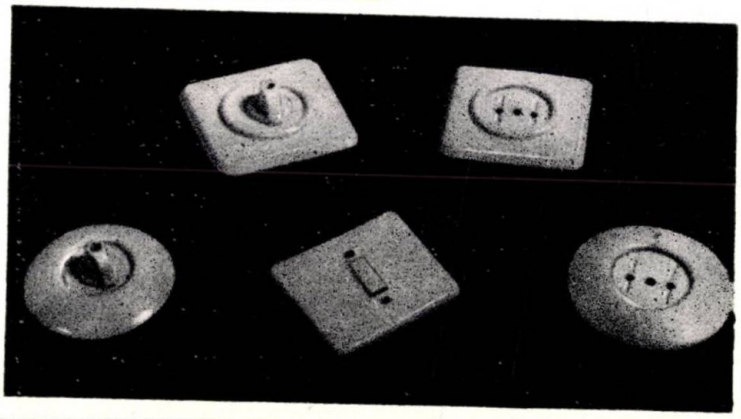
BUKAREST, RUMÄNIEN — B-DUL N. BĂLCESCU No. 22

FERNRUF: 14.75.36



- aparate pentru automatizări
- echipamente pentru tracțiune electrică, industria chimică, industria petrolieră, industria minieră, nave maritime și fluviale

electroaparataj



- aparate de instalații electrice interioare pentru construcții civile și industriale.

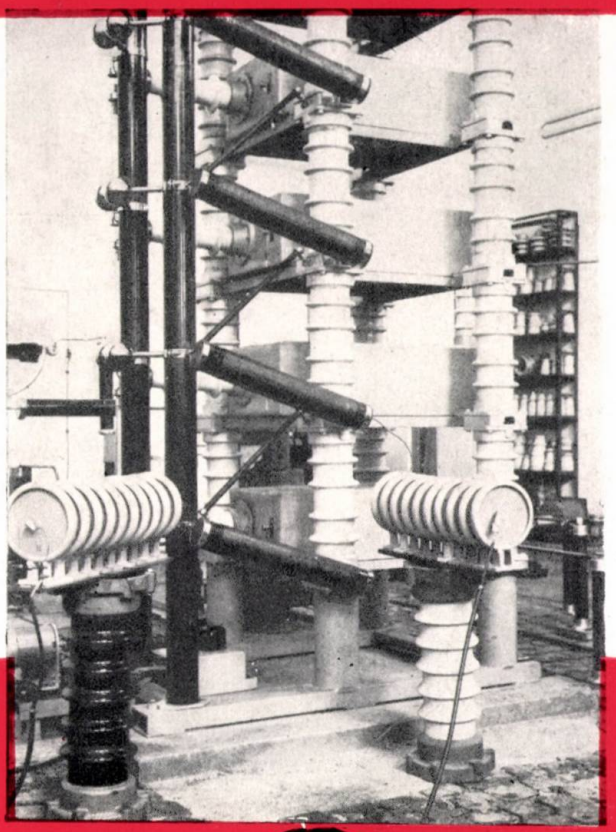
- aparate pentru comanda și protecția electromotoarelor

ÎNTREPRINDERE PRODUCĂTOARE DE APARATE ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

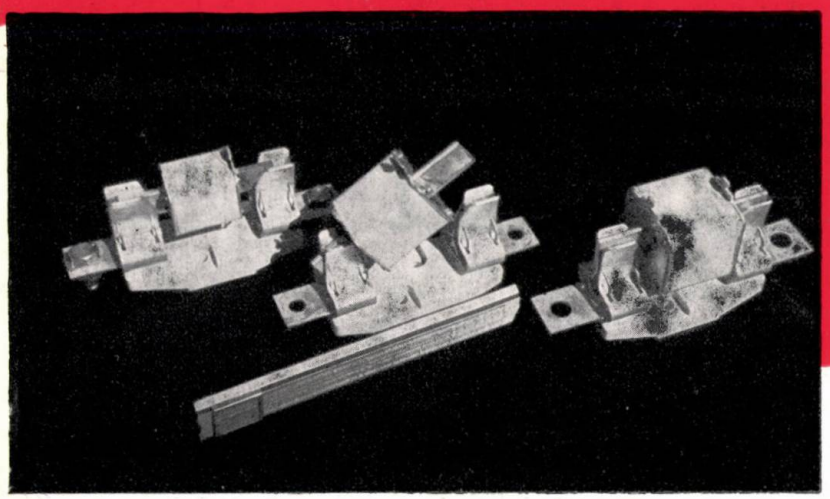
BUCUREȘTI

B-DUL MARELUI STADION NR. 3

M.I.C.M. - I.C.P.E.



INSTITUTUL DE CERCETARE ȘI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

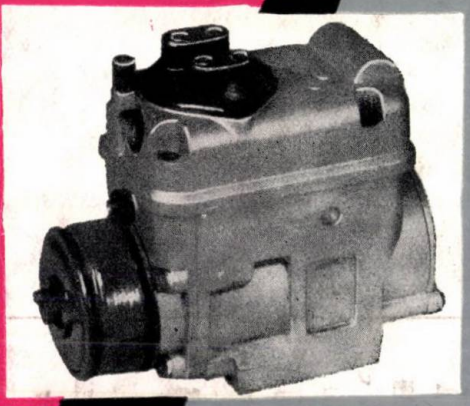


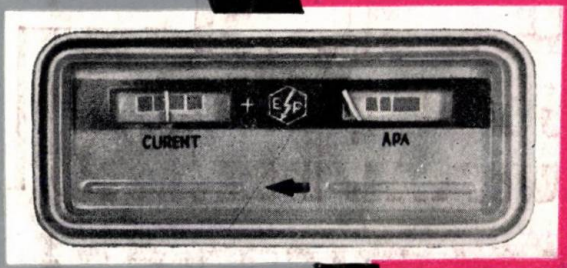
DIN BUCUREȘTI, BD. T. VLADIMIRESCU 45, TELEFON 16.41.40, 16.41.48

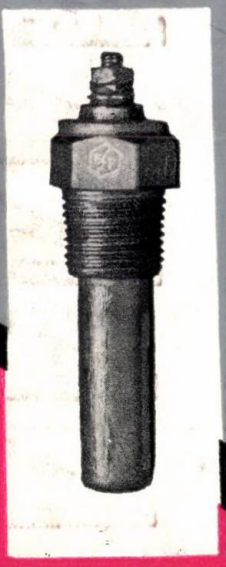
primește comenzi de cercetare și proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din țară.

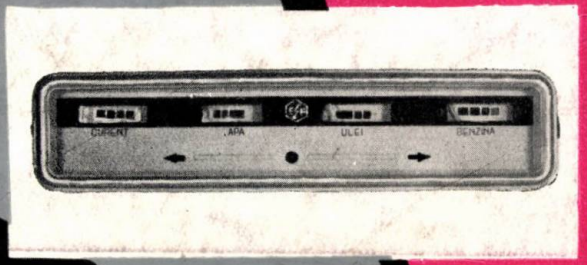
Institutul execută studii, încercări, omologări și execuții de prototipuri din domeniul mașinilor și transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă și înaltă tensiune, acționărilor electrice, schemelor complexe electrice și electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu mașini electronice, materialelor electrotehnice, cum și proiectări pentru uzine și fabrici cu acest profil.

UZINA ELECTROPRECIZIE SĂCELE









produce

ECHIPAMENT ELECTRIC

PENTRU

- AUTOCAMIOANE • TRACTOARE
- AUTOBUZE • TROLEIBUZE

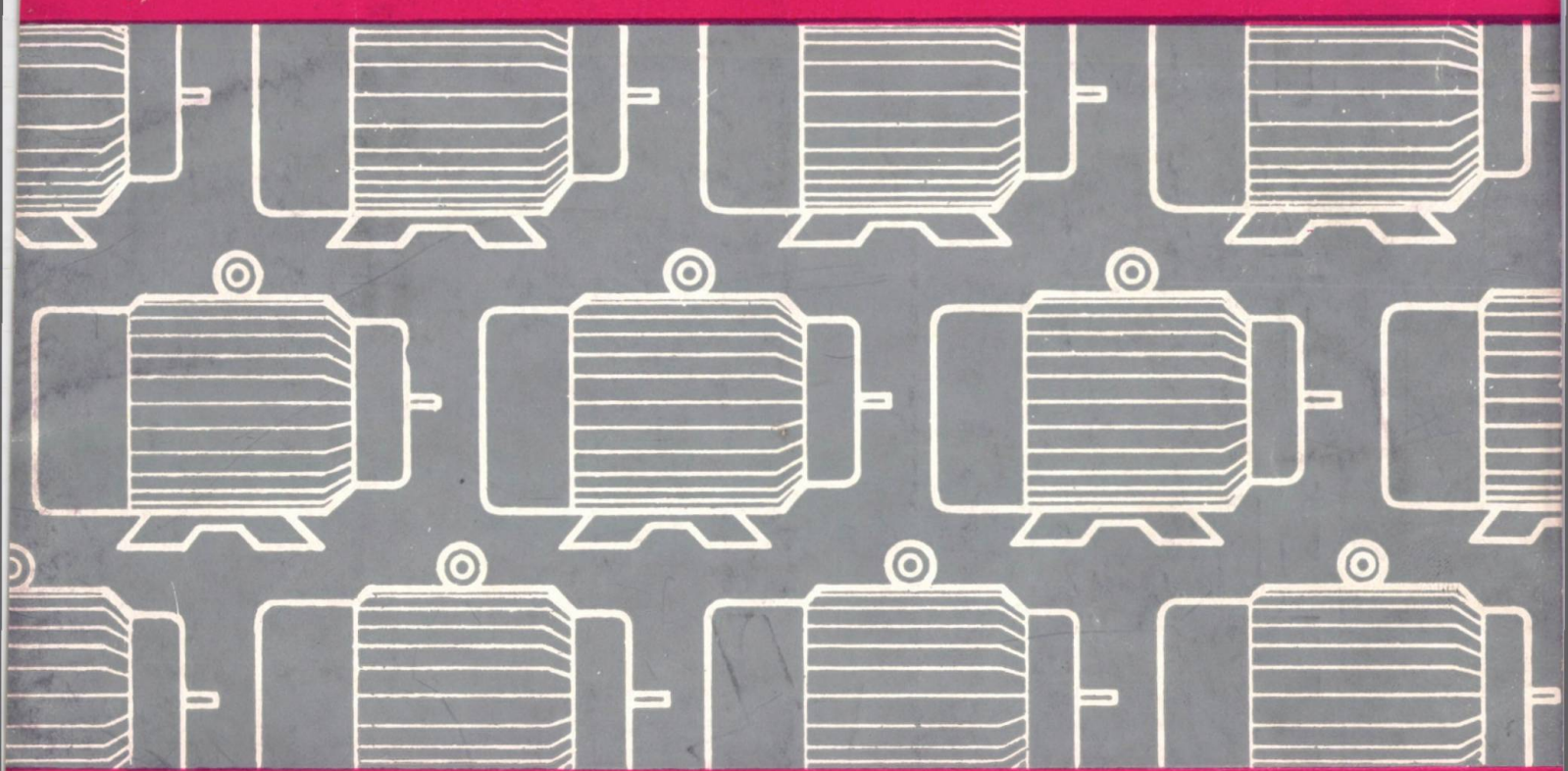
şi alte autovehicule, asigurînd cele mai exigente condiţii de exploatare.

E 2040

R

REFERATIVA

ELECTROTEHNICA



ELECTROTEHNICA ● BUCUREȘTI ● ANUL 13 ● NR. 2 ● PAGINA 41 — 80 ● FEBRUARIE 1965

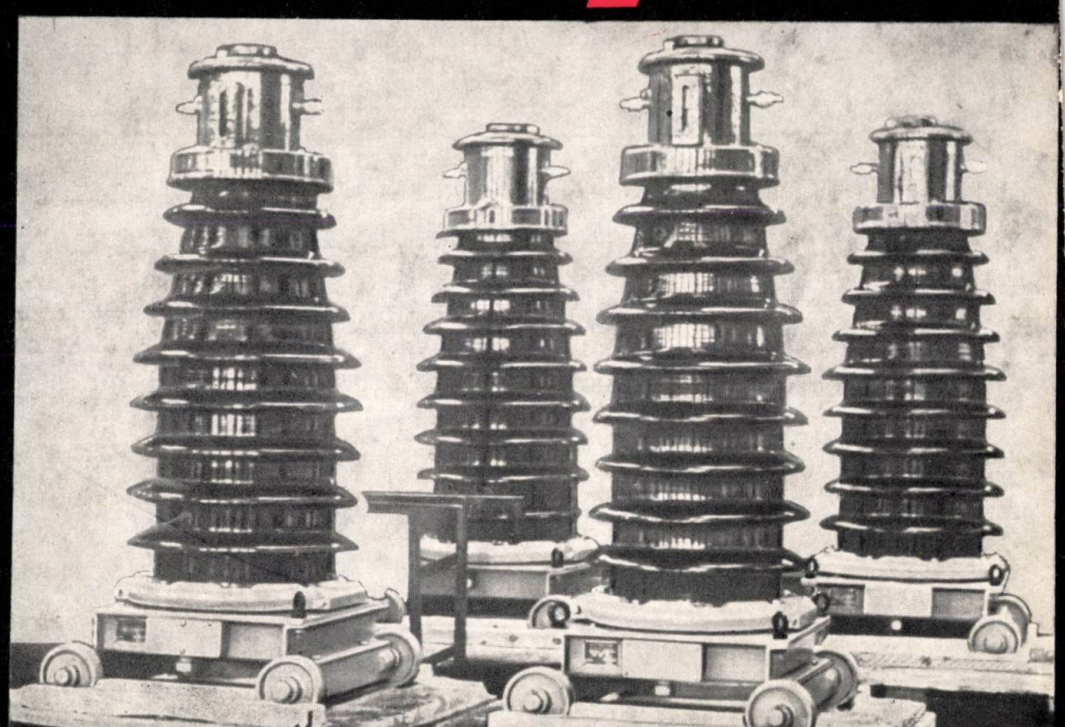
2

Livrează

TRANSFORMATOARE DE MĂSURĂ

DE CURENT ŞI DE TENSIUNE
ÎNTR-O GAMĂ LARGĂ:

6, 10, 15, 25, 35 şi 110 kV ● 5 — 5 000 A (toate valorile intermediare standardizate) ● diferite combinaţii ale claselor de precizie, ale puterilor secundare şi ale coeficienţilor de saturaţie ● diferite tipuri constructive, compacte, cu gabarite reduse ● în ulei, în carcase de bachelită, înglobate în material plastic.



UZINELE ELECTROPUTERE

craiova

elba

AMENAJAŢI-VĂ UN INTERIOR PLĂCUT PRINTR-UN ILUMINAT RECONFORTANT ÎN LOCUINŢELE DV., CU AJUTORUL CANDELABRELOR „ELBA"

FOLOSIND CORPURILE DE ILUMINAT INDUSTRIALE „ELBA" VĂ ASIGURAŢI O PRODUCŢIE MĂRITĂ LA LOCUL DE MUNCĂ

VĂ MĂRIŢI SIGURANŢA ÎN CIRCULAŢIA RUTIERĂ PRIN ECHIPAREA AUTOVEHICULELOR CU FARURI ŞI LĂMPI DE SEMNALIZARE TIP „ELBA"

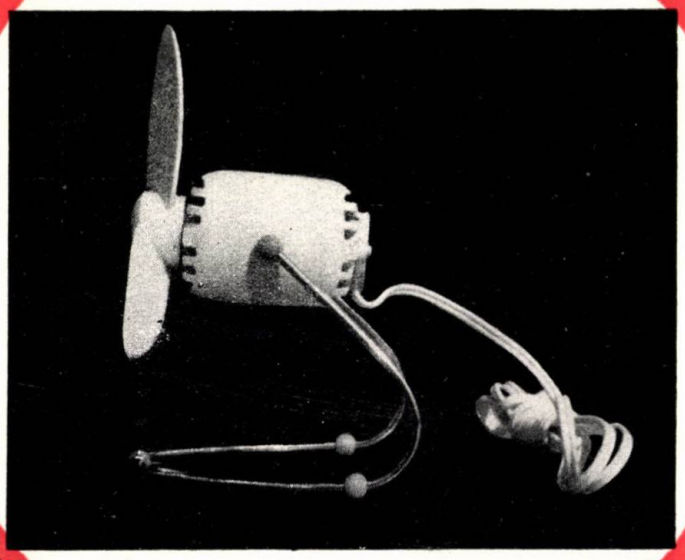
MODERNIZAŢI ASPECTUL ORAŞELOR CU AJUTORUL CORPURILOR DE ILUMINAT PUBLIC „ELBA"

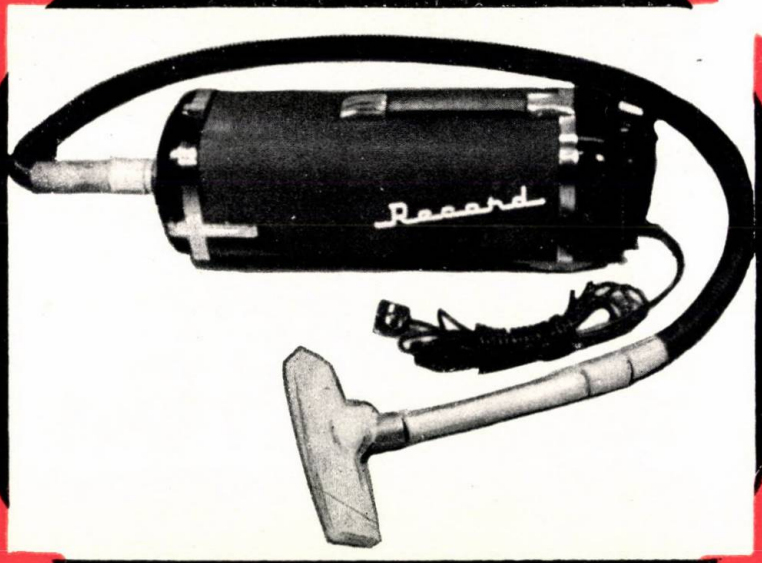
ELECTRO-BANAT

I.I.S. ELECTRO-BANAT — TIMIŞOARA, STR. PESTALOZZI Nr. 22

TELEFON: 1.42.60 ; 1.42.61

Intreprinderea ELECTROMOTOR





execută :

- motoare electrice asincrone trifazate cu rotorul în scurt-circuit, protecție IP 44, de 4—30 kW, și cu rotorul cu inele de contact, de 5,5—22 kW
- aspiratoare de praf tip „Record"
- ventilatoare de masă cu cadru sau suport
- relee regulatoare pentru tractoare și autovehicule
- generatoare de curent continuu pentru tractoare și autovehicule
- motoare și reostate pentru mașini de cusut electrice
- motoare pentru antrenarea spălătorului și centrifugei mașinilor de spălat rufe „ALBA—LUX"

CSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 183

ELECTROTEHNICA

Anul 13 nr. 2 februarie 1965

CUPRINS

CZ 621.313.323.045.56.001.24

Drăgănescu, O., Galbenu, Gh. şi *Cristea, N.*: **Influenţa naturii materialului coliviei parametrilor de pornire ai maşinii sincrone.**

Electrotehnica **13**, nr. 2, febr 1965, p. 41–45

Se prezintă cercetări experimentale referitoare la influenţa naturii materialului coliviei motoarelor sincrone asupra parametrilor de pornire. Aceste rezultate pot fi utilizate pentru alegerea judicioasă a materialului în funcţie de alura cuplului rezistent al agregatului antrenat.

CZ 621.3.017.7 : 621.314.2.045.53

Truţă, C. şi *Mereanu, A.*: **Determinarea cîmpului termic în înfăşurările transformatoarelor.**

Electrotehnica **13**, nr. 2, febr 1965, p. 46–52

Se indică repartiţia temperaturilor, se compară şi se interpretează rezultatele obţinute, se dă formula de calcul al temperaturii punctului celui mai cald, se folosesc rezultatele pentru verificarea de principii constructive şi de metode de măsurare.

CZ 621.315.613.1 + 621.315.612.6

Marcus, B., Diaconu, L. şi *Berinde, V.*: **Materiale electroizolante pe bază de mică legată cu sticlă.**

Electrotehnica **13**, nr. 2, febr 1965, p. 53–59

Se prezintă caracteristicile fizice, mecanice şi electrice ale materialului electroizolant pe bază de mică legată cu sticlă, domeniile de utilizare a acesteia în industria electrotehnică şi schema tehnologică de realizare a materialului. De asemenea, se prezintă unele rezultate ale lucrărilor de cercetare efectuate la I.C.P.E. pentru realizarea acestui tip de materiale electroizolante.

CZ 621.352.32.004.2

Barosu, M., Năstase, C., Pervescu, M., Tătucu, S. şi *Sudreşan, S.*: **Contribuţii la stabilirea condiţiilor de utilizare a cîtorva tipuri de MnO_2 în fabricaţia de baterii galvanice.**

Electrotehnica **13**, nr. 2, febr 1965, p. 59–68

Se prezintă soluţii noi care permit alcătuirea depolarizanţilor cu tipuri de MnO_2 de activitate mare, ca principal component. În acest scop au fost studiate sistematic influenţa modificărilor raportului C/MnO_2 şi influenţa conţinutului de MnO_2 artificial şi de negru de fum asupra activităţii depolarizanţilor şi asupra caracteristicilor electrice ale bateriilor 3R 12. Soluţiile elaborate sînt verificate şi asimilate în fabricaţia curentă.

CZ 621.313.3 + 621.314.2.003.1

Ceacoveanu, I.: **Rolul coeficientului de eficacitate economică în calculul de optimizare a transformatoarelor şi motoarelor electrice.**

Electrotehnica **13**, nr. 2, febr 1965, p. 69–76

Se analizează principiile conţinute în formula de calcul al optimizării transformatoarelor şi motoarelor, elaborate de prof. Grudinski şi prof. Popov. Analiza se extinde atît asupra funcţiunii coeficientului de eficacitate economică, cît şi asupra rolului celorlalţi termeni ai formulei. Se ajunge la concluzia că formula respectivă nu poate contribui la alegerea variantei celei mai optime de transformator şi în final se propune o nouă formulă de calcul al eficacităţii economice a transformatoarelor şi motoarelor.

RECENZII 77

REFERATE 78–80

SCURTE ŞTIRI 80

RECOMANDĂRI
pentru autori

1. Lucrările care pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. — îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat, fixînd premisele de la care s-a pornit problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a aceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic — ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă, literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus, în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteză), revista, volumul, luna, numărul, anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină-faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titlul, funcţiile, localitatea şi adresa domiciliului, numărul de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.313.323.045.56.001.24

Дрэганеску О., Галбену Г. и *Кристя Н.* : **Влияние вида материала клети на пусковые параметры синхронной машины.**

Electrotehnica **13**, № 2, февраль 1965, стр. 41–45

Приводятся экспериментальные исследования влияния вида материала клети синхронных двигателей на пусковые параметры. Данные результаты могут быть использованы для правильного выбора материала в зависимости от момента сопротивления увлечённого агрегата.

ДК 621.3.017.7 : 621.314.2.045.53

Труцэ К. и *Меряну А.*: **Определение термического поля в обмотках трансформаморов.**

Electrotehnica **13**, № 2, февраль 1965, стр. 46–52

Указывается распределение температур, сравниваются и интерпретируются полученные результаты, приводится расчётная формула температуры самой горячей, точки, используются результаты для проверки конструктивных принципов и измерительных методов.

ДК 621.315.613.1 + 621.315.612.6

Маркус Б., Диакону Л. и *Беринде В.*: **Электроизоляционные материалы, выполненные на основе слюды, связанной со стеклом.**

Electrotehnica **13**, № 2, февраль 1965, стр. 53–59

Приводятся физические, механические и электрические характеристики электроизоляционного материала, выполненного на основе слюды, связанной со стеклом, области его применения в электротехнической промышленности и технологическая схема. Приводятся и некоторые результаты исследовательских работ, выполненных в I.C.P.E. для осуществления электроизоляционного материала данного типа.

ДК 621. 352.32.004.2

Барасу М., Нэстасе К., Перевеску М., Тэтуку С. и *Судрошан С.*: **Вклад в дело определения условий использования ряда типов MnO_2 при производстве гальванических батарей.**

Electrotehnica **13**, № 2, февраль 1965, стр. 59–68

Приводятся новые варианты, допускающие устройство деполяризаторов при помощи типов MnO_2 большой активности как основного компонента. Для этого были изучены систематически влияние модификаций соотношения C/MnO_2 и содержание искусственного MnO_2 и сажи на активность деполяризоторов и на электричеиеские характеристики батарей типа 3R 12. Разработанные варианты, проведенны и освоены в текущем производстве.

ДК 621.313.3 + 621.314.2.003.1

Чаковяну И. : **Роль коэффициента экономической эффективности при расчёте оптимальных вариантов трансформаторов и электродвигателей.**

Electrotehnica **13**, № 2, февраль 1965, стр. 69–76

Анализируются принципы, стоящие в основе расчётной формулы оптимизации трансформаторов и двигателей, разработанные прсф. Грудинским и проф. Поповым. Анализ охватывает как коэффициент экономической эффективности, так и роль остальных терминов формулы. Автор приходит к выводу, что соответствующая формула не может способствовать выбору наиболее оптимального варианта трансформатора и в заключение предлагает новую расчётную формулу экономической эффективности трансформаторов и двигателей.

РЕЦЕНЗИИ 77

РЕФЕРАТЫ 78–80

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ 80

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.313.323.045.56.001.24

Drăgănescu, O., Galbenu, Gh. und *Cristea, N.*: **Der Einfluss der Werkstoffart des Käfers auf die Anlaufparameter der Synchronmaschinen.**

Electrotehnica **13**, H.2 Februar 1965, S. 41–45

Es werden die Versuchsforschungen im Zusammenhang mit dem Einfluss dargelegt, wie die Art des Werkstoffes für den Käfig der Synchronmotoren auf die Anlaufparameter ausübt. Diese Ergebnisse können zur richtigenWahl des Werkstoffes im Bezug auf das Verhalten des Widerstandmoments der Anlaufvorrichtung dienen.

DK 621.3.017.7 : 621.314.2.045.53

Truță, C. und *Mereanu, A.*: **Die Bestimmung des Wärmefeldes in den Transformatorenwicklungen.**

Electrotehnica **13**, H.2, Februar 1965, S. 46–52

Es wird die Verteilung der Temperaturen angegeben, die erzielten Ergebnisse verglichen und ausgewertet, die Berechnungsformel der Temperatur des wärmsten Punktes angeführt und die Ergebnisse zur Überprüfung der Bauprinzipien und der Messverfahren angewandt.

DK 621.315.613.1 + 621.315.612.6

Marcus, B., Diaconu, L. und *Berinde, V.*: **Elektroisolierende Stoffe auf Grund von glasgebundenem Glimmer.**

Electrotehnica **13**, H.2, Februar 1965, S. 53–59

Es werden die physikalischen, mechanischen und elektrischen Eigenschaften der auf Grund von glasgebundenem Glimmer erzeugten Isoliermateriale, deren Anwendungsbereiche in der elektrotechnischen Industrie und das technologische Fertigungsschema dieser Stoffe dargelegt. Ferner werden einige Ergebnisse der Forschungsarbeiten angeführt, die im Institut für elektrotechnische Forschungen und Projekte im Hinblick auf die Fertigung dieses elektroisolierenden Materials unternommen wurden.

DK 621.352.32.004.2

Barosu, M., Năstase, C., Pervescu, M., Tătucu, S. und *Sudreşan, S.*: **Beitrag zur Festlegung der Verwendungsbedingungen einiger MnO_2-Typen bei der Herstellung galvanischer Batterien.**

Electrotehnica **13**, H.2, Februar 1965 S. 59–68

Die Verfasser beschreiben neue Lösungen zur Anfertigung von Depolarisatoren, deren Hauptbestandteil MnO_2 – Typen mit hoher Aktivität bilden. Zu diesem Zweck wurde in systematischer Weise der Einfluss der Veränderungen des Verhältnisses C/MnO_2 und des Gehalts an künstlichem MnO_2 und Russ auf die Wirkung der Depolarisatoren und die elektrischen Eigenschaften der 3R 12-Batterien untersucht. Die ausgearbeiteten Lösungen werden in der laufenden Produktion überprüft und angewandt.

DK 621.313.3 + 621.314.2.003.1

Ceacovzanu, I.: **Die Rolle des Wirtschaftlichkeitskoeffizienten in der Bestwertberechnung der Transformatoren und Elektromotoren.**

Electrotehnica **13**, H.2, Februar 1965, S. 69–76

Der Verfasser analysiert die Prinzipien der von Prof. Grudinski und Prof. Popov aufgestellten Formel zur Bestwertberechnung der Transformatoren und Elektromotoren. Die Analyse bezieht sich sowohl auf die Funktionen des Wirtschaftslichkeitskoeffizienten als auch auf die Rolle der anderen Glieder der Formel. Man gelangt zur Schlussfolgerung, dass die betreffende Formel nicht zur Wahl der Bestvariante der Transformatoren beitragen kann. Somit schlägt der Verfasser eine neue Formel der Wirtschaftlichkeitsberechnung der Transformatoren und Elektromotoren vor.

BUCHBESPRECHUNGEN 77

REFERATE 78–80

KURZNACHRICHTEN 80

OSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1863

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 13 nr. 2 București, februarie 1965

Influența naturii materialului coliviei asupra parametrilor de pornire ai mașinii sincrone

Ovidiu Drăgănescu, Gheorghe Galbenu și Nicolae Cristea* — Craiova

CZ 621.313.323.045.56.001.24

Pentru a se realiza pornirea în asincron, în bune condiții, a motoarelor sincrone, pe polii rotorului se dispune o înfășurare tip colivie. Această înfășurare determină apariția unui cuplu asincron care permite rotorului să ajungă la o turație cît mai apropiată de cea sincronă. Valoarea cuplurilor M_p (cuplul de pornire), M_{min} (cuplul minim), M_m (cuplul maxim) și M_s (cuplul de intrare în sincronism), poate fi asigurată prin proiectarea judicioasă a coliviei, în care intră și alegerea materialului din care se realizează colivia [1] — [5].

În lucrarea de față cuplurile vor fi exprimate în funcție de cuplul nominal; reactanțele vor fi exprimate în unități relative.

Cuplul rezistent al agregatului antrenat impune uneori ca motorul să asigure valori ridicate numai pentru anumite puncte ale caracteristicii mecanice. De exemplu, se cere cuplul de pornire ridicat, în schimb, cuplul de intrare în sincronism trebuie să fie mic, sau invers. Alura adecvată a caracteristicii mecanice, care să satisfacă condițiile impuse de agregat, poate fi uneori realizată alegînd un material corespunzător pentru colivia de pornire.

Analiza alurii caracteristicii mecanice, în funcție de natura materialului coliviei de pornire, este necesară pentru proiectarea economică și calitativ corespunzătoare a acesteia. În acest scop s-au determinat parametrii de pornire ai unui motor sincron de 630 kW, 6 kV, 1 000 rot/min, pentru colivii de cupru, fier și alamă. Rezultatele experimentale obținute sînt expuse și interpretate, în continuare, pentru fiecare tip de colivie.

Colivia de cupru

Parametrii de pornire au fost determinați pentru situațiile în care bobinajul de excitație a fost succesiv : deschis, conectat pe rezistență și scurtcircuitat. În figura 1, curba 1 reprezintă caracteristica de pornire pentru bobinajul de excitație deschis. Alura curbei cuplului este specifică mașinii asincrone cu rotorul în scurtcircuit. Cuplul dezvoltat la $s = 1$ este aproximativ 1,1 M_N, iar cuplul maxim 2,6 M_N.

Pe caracteristica $M = f(s)$ se observă un cuplu asincron parazit. Prezența acestui

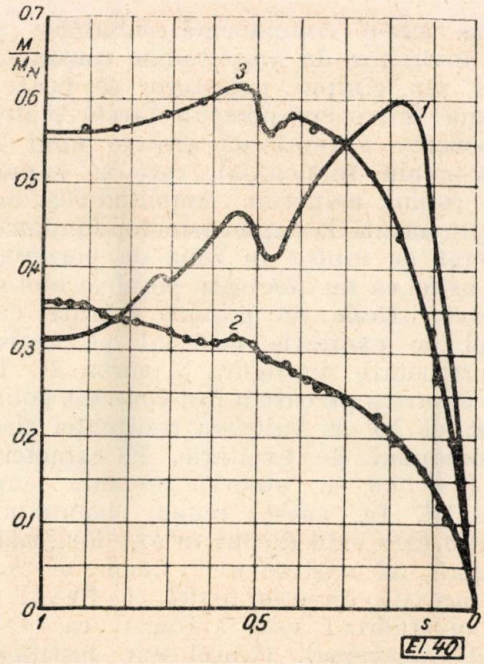


Fig. 1. Caracteristicile $M = f(s)$ ridicate la $U = 0{,}5\ U_N$, cu bobinajul de excitație deschis :
1 — colivie de cupru ; *2* — colivie de fier ; *3* — colivie de alamă.

cuplu în zona $s = 0{,}5$ se datorește asimetriei magnetice și electrice a rotorului, ceea ce provoacă modularea în amplitudine a cîmpului magnetic din întrefier.

Asimetria mare electrică și magnetică a rotorului este pusă în evidență de reactanțele

* Inginerii *O. Drăgănescu, Gh. Galbenu* și *N. Cristea* lucrează la Uzinele „Electroputere" — Craiova.

supratranzitorii după cele două axe (fig. 2, curbele *1* și *3*), ale căror valori sînt mult diferite. Cîmpul din întrefier poate fi descompus într-o componentă pulsatorie și un cîmp învîrtitor de amplitudine constantă. La rîndul său cîmpul pulsatoriu se poate descompune într-o componentă directă și inversă. Componenta inversă dă naștere unui cuplu numit cuplu monoaxial, care se suprapune peste cuplul asincron. Amplitudinea acestui cuplu, raportată la cuplul asincron fundamental, dezvoltat de motor în zona de pornire, este mică, astfel că nu afectează pornirea motorului.

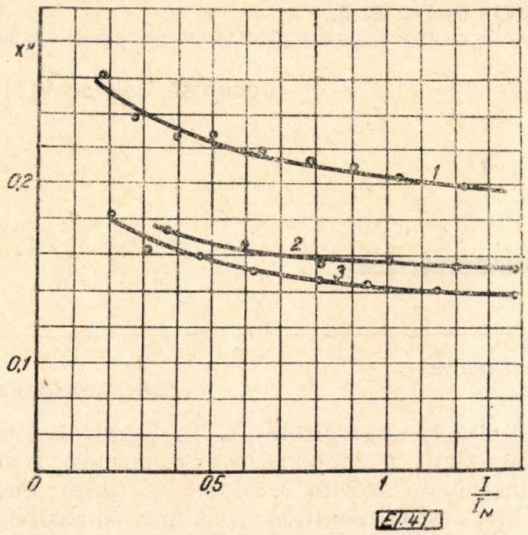


Fig. 2. Curbele reactanțelor supratranzitorii în funcție de curent, pentru colivia de cupru, în unități relative: *1* – $X''_d = f(I/I_N)$ bobinajul de excitație deschis; *2* – $X''_d = f(I/I_N)$ bobinajul de excitație conectat în scurtcircuit; *3* – $X''_q = f(I/I_N)$.

Caracteristicile de pornire ridicate cu bobinajul de excitație conectat pe rezistență sînt prezentate în figura 3 (curba *1*). Rezistența electrică pe care a fost conectat bobinajul a avut de 10 ori valoarea rezistenței electrice a bobinajului de excitație. Pe caracteristica $M = f(s)$ nu se observă prezența cuplului monoaxial. În acest regim, bobinajul de excitație, care este dispus în axa longitudinală a mașinii, dă naștere unei f.m.m. de reacție, după această direcție, astfel că fluxul rezultant longitudinal este apropiat, ca valoare, de cel transversal. Faptul este justificat de valorile foarte apropiate ale reactanțelor supratranzitorii după cele două axe (fig.2, curbele *2* și *3*).

În cazul în care bobinajul de execuție este conectat în scurtcircuit, caracteristicile de pornire (fig. 6, curba *1*) au o alură asemănătoare celor determinate în cazul în care bobinajul de excitație este conectat pe rezistență.

Rezultatele experimentale obținute la motorul sincron cu colivia confecționată din cupru duc la concluzia că, cu acest tip de colivie, motorul dezvoltă un cuplu de pornire corespunzător normelor (aproximativ 1,2 M_N). Cuplul asincron maxim este foarte mare; de asemenea este relativ mare și cuplul de intrare în sincronism, care are valoarea de aproximativ 1,8 M_N. Ca urmare alurii curbei $M = f(s)$, determinată de colivia de cupru, accelerarea agregatului se face într-un timp scurt, iar intrarea în sincronism este ușoară.

Curentul absorbit de motor în perioada pornirii este important, ceea ce impune conectarea acestuia la rețele de putere suficient de mare. Curentul de pornire pentru acest tip de colivie este aproximativ 7,4 I_N.

Colivia de fier

Colivia de cupru a fost înlocuită cu o colivie din bare de fier, lungimea și secțiunea acestora păstrîndu-se egale cu acelea ale coliviei anterioare.

Caracteristica de pornire ridicată cu circuitul de excitație deschis este prezentată în figura 1 (curba *2*). Curba $M = f(s)$ este deplasată spre alunecări mari, datorită rezistenței electrice mari a coliviei.

Cuplul dezvoltat de motor la $s = 1$ este aproximativ 1,5 M_N, deci mare; cuplul de intrare în sincronism este însă foarte mic,

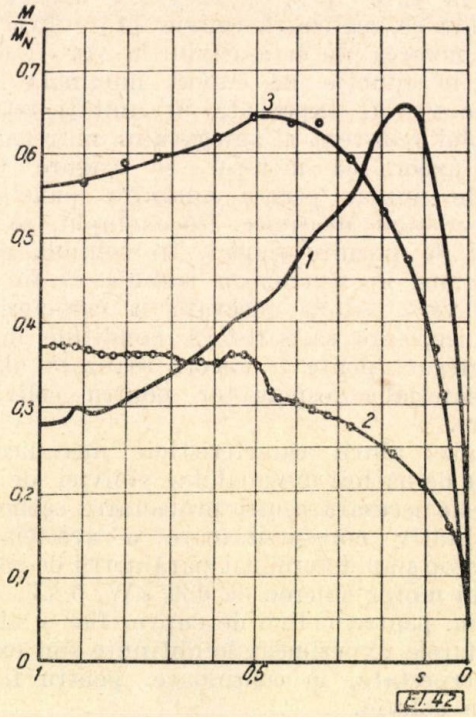


Fig. 3. Caracteristicile $M = f(s)$ ridicate la $U = 0{,}5\ U_N$, cu bobinajul de excitație conectat pe rezistență: *1* – colivie de cupru; *2* – colivie de fier; *3* – colivie de alamă.

aproximativ 0,4 M_N. Se observă un cuplu monoaxial suprapus peste cuplul fundamental, însă amplitudinea sa este mică, datorită fap-

tului că raportul reactanțelor supratranzitorii, după cele două axe, este aproximativ egal cu unitatea (fig. 4, curbele *1* și *3*).

Pentru cazul în care bobinajul de excitație este conectat pe o rezistență egală cu de 10 ori valoarea sa, caracteristicile de pornire sînt prezentate în figura 3 (curba *2*). Cuplul dezvoltat de motor la $s = 1$ păstrează aproximativ aceeași valoare, însă cuplul de intrare în sincronism crește datorită deplasării într-o mai mică măsură a caracteristicii $M = f(s)$ spre alunecări mari. Astfel, pentru această situație, cuplul de intrare în sincronism este aproximativ 0,65 M_N.

Dacă bobinajul de excitație este conectat în scurtcircuit, caracteristica de pornire (fig. 6, curba *2*) își păstrează alura. Cuplul de pornire rămîne, aproximativ, constant, ca valoare pentru cele trei moduri de conectare a bobinajului de excitație. În ultima situație (bobinajul de excitație în scurtcircuit) cuplul de intrare în sincronism este mic, aproximativ 0,4 M_N. Cuplul monoaxial, în situația în care bobinajul de excitație este conectat pe rezistență sau în scurtcircuit, are o amplitudine mai mare decît în situația în care bobinajul de excitație este deschis.

Întrucît rezistivitatea barelor de fier din care este alcătuită colivia este mai mare decît a cuprului, curentul din colivie este mic deci și f.m.m. de reacție a coliviei de fier este redusă, fapt care se justifică prin valoarea mare a reactanțelor supratranzitorii după cele două axe (fig. 4). În același timp are loc o mărire

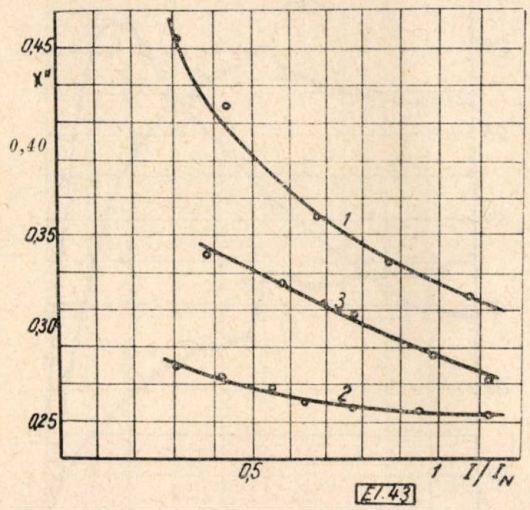


Fig. 4. Curbele reactanțelor supratranzitorii în funcție de curent, pentru colivia din fier, în unități relative: $1 - X''_d = f(I/I_N)$ bobinajul de excitație deschis; $2 - X''_d = f(I/I_N)$ bobinajul de excitație conectat în scurtcircuit; $3 - X''_q = f(I/I_N)$.

a cuplajului electromagnetic între bobinajul statorului și bobinajul de excitație.

Pentru situația în care bobinajul de excitație a fost conectat pe o rezistență de 10 ori valoarea sa (1 Ω), s-a măsurat curentul în bobinajul de excitație (fig. 5). Alura curbei indică prezența unui minim în jurul alunecării $s = 0,5$. Din această diagramă rezultă că la pornire curentul din circuitul de excitație este aproximativ egal

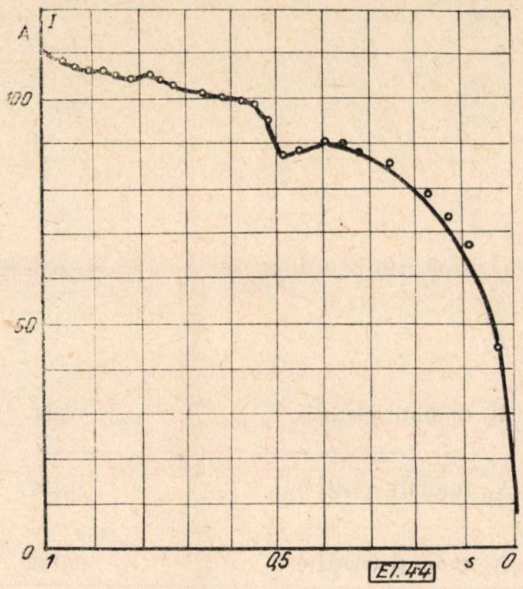


Fig. 5. Curba curentului rotoric în funcție de alunecare ridicată pentru colivia de fier la $U = 0,5\ U_N$, cu bobinajul de excitație conectat pe rezistență.

cu curentul nominal al acesteia la funcționare sincronă. Valoarea mare a curentului care apare în bobinajul de excitație în perioada pornirii impune proiectarea judicioasă a rezistenței de descărcare, care se introduce în acest circuit în perioada pornirii.

Caracteristicile de pornire ridicate pentru varianta constructivă cu colivie de fier arată că mașina astfel construită poate fi utilizată numai în cazul în care agregatul antrenat nu creează un cuplu rezistent important în zona turației de intrare în sincronism. Cuplul de pornire dezvoltat de motor este important, permițînd pornirea unor agregate care produc un cuplu rezistent mare la pornire.

Avantajul coliviei de fier constă în faptul că în perioada pornirii curentul absorbit de motor este mic, aproximativ 4 I_N, în comparație cu situația în care motorul are colivia de cupru (tabela 1).

Colivia de alamă

Conform scopului propus, colivia de fier a fost înlocuită cu o colivie de alamă respectînd dimensiunile geometrice ale barelor. Caracteristicile de pornire au fost determinate și pentru această variantă constructivă în situațiile în care bobinajul de excitație a fost succesiv: deschis, conectat pe rezistență și scurtcircuitat.

În figura 1 (curba 3) este reprezentată caracteristica mecanică a mașinii cu bobinajul

Tabela 1

Simbol	Colivie de cupru	Colivie de fier	Colivie de alamă	Observații
$\frac{M_p}{M_N}$	1,1	1,5	2,24	Excitație conectată pe rezistență
$\frac{M_m}{M_N}$	2,6	2,6	2,56	Excitație conectată pe rezistență
$\frac{M_s}{M_N}$	1,8	0,65	1,1	Excitație conectată pe rezistență
$\frac{I_p}{I_N}$	7,4	4,1	6,3	Excitație conectată pe rezistență
X_d'' (unități relative)	0,206	0,31	0,227	Excitație deschisă
X_d'' (unități relative)	0,157	0,251	0,166	Excitație scurtcircuitată
X_q'' (unități relative)	0,142	0,29	0,153	—

de excitație deschis. Cuplul de pornire are valoare mare, aproximativ $2{,}2\ M_N$, și de asemenea este relativ mare cuplul de intrare în sincronism $M_s \approx 0{,}8\ M_N$. Pe caracteristica mecanică se observă un cuplu monoaxial important. Prezența acestui cuplu se datorește asimetriei electrice și magnetice a rotorului, evidențiată prin diferența mare dintre reactanțele supratranzitorii după cele două axe (fig. 7, curbele *1* și *3*).

În cazul în care bobinajul de excitație este conectat pe o rezistență electrică de aproximativ 10 ori valoarea sa, alura curbei $M = f(s)$ (fig. 3, curba *3*) este asemănătoare cu cea determinată pentru colivia de fier. Pentru această variantă constructivă, cu colivia de alamă, cuplul de pornire dezvoltat de motor este mare, aproximativ $2{,}2\ M_N$.

Spre deosebire de varianta constructivă cu colivie de fier, pentru această variantă caracteristica mecanică este mai puțin deplasată spre alunecări mari, datorită faptului că rezistivitatea alamei este mai mică decît a fierului.

Deplasarea într-o mai mică măsură a caracteristicii $M = f(s)$ în cazul coliviei de alamă face ca motorul să aibă un cuplu de intrare în sincronism mai mare decît cel dezvoltat în cazul coliviei de fier ($M_s \approx 1{,}1\ M_N$), ceea ce lărgește posibilitățile sale de utilizare.

Deoarece cuplul maxim se află în zona alunecărilor relativ mici, accelerarea motorului se face într-un interval de timp relativ scurt. Este de remarcat faptul că pe caracteristica $M = f(s)$ nu se observă suprapunerea unui cuplu monoaxial. Faptul acesta se justifică prin valorile apropiate ale reactanțelor supratranzitorii (fig. 7, curbele *2* și *3*).

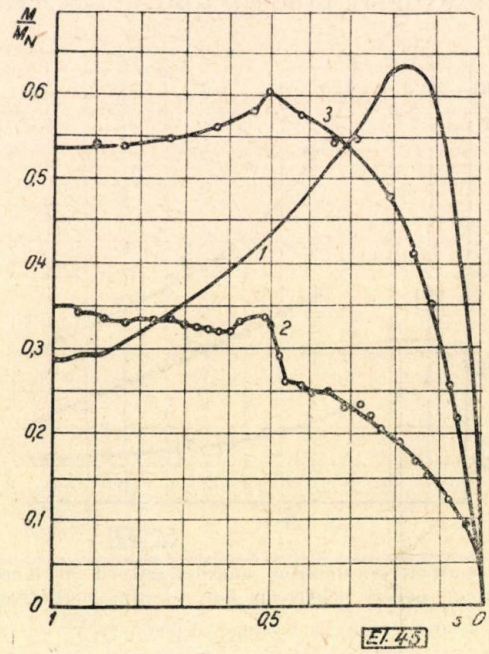


Fig. 6. Caracteristicile $M = f(s)$ ridicate la $U = 0{,}5\ U_N$, cu bobinajul de excitație conectat în scurtcircuit: *1* – colivie de cupru; *2* – colivie de fier; *3* – colivie de alamă.

În cazul în care bobinajul de excitație est conectat în scurtcircuit (fig. 6, curba *3*), alu

curbei cuplului este similară aceleia pentru situația în care bobinajul de excitație este conectat pe rezistență. Singura deosebire este

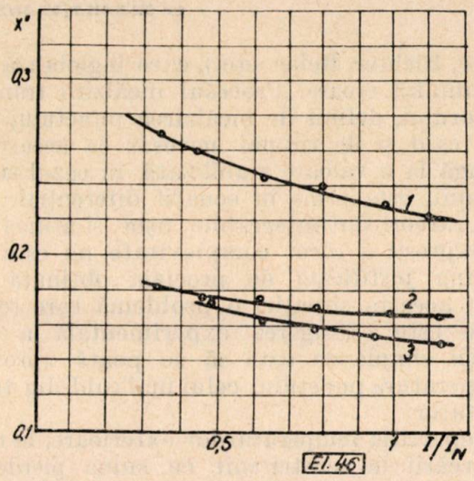


Fig. 7. Curbele reactanțelor supratranzitorii în funcție de curent, pentru colivia din alamă, în unități relative : $1 - X''_d = f(I/I_N)$ bobinajul de excitație deschis; $2 - X''_d = f(I/I_N)$ bobinajul de excitație conectat în scurtcircuit; $3 - X''_q = f(I/I_N)$.

aceea că amplitudinea curbei cuplului în acest ultim caz este mai mică decît în cazul în care bobinajul de excitație este conectat pe rezistență. Curentul de pornire absorbit de motor pentru varianta constructivă cu colivia de alamă este aproximativ 6,3 I_N, deci mai mare decît cel absorbit pentru colivia de fier.

Regimul optim de pornire a mașinilor sincrone este acela în care bobinajul de excitație este conectat pe rezistență.

Pentru comparare, în tabela 1 sînt prezentați parametrii de pornire în valori raportate, corespunzători celor trei colivii.

Concluzii

Cercetările experimentale efectuate asupra comportării motorului sincron MSA-630 kW, 6 kV, 1 000 rot/min, în perioada pornirii, în funcție de natura materialului coliviei, duc la următoarele concluzii :

— colivia de pornire din cupru asigură motoarelor sincrone un cuplu de pornire corespunzător normelor, iar cuplul de intrare în sincronism este foarte mare, permițînd antrenarea agregatelor care dezvoltă un cuplu rezistent de tip ventilator. Curentul de pornire absorbit de motoarele sincrone cu acest tip de colivie este mare, ceea ce impune ca acestea să fie alimentate de la rețele puternice ;

— motoarele sincrone cu colivie de pornire executate din fier au un cuplu de pornire corespunzător normelor, însă cuplul de intrare în sincronism este mic, ceea ce permite utilizarea acestui tip de motor numai pentru antrenarea agregatelor cu cuplu rezistent mic la intrarea în sincronism. Curentul de pornire absorbit de acest tip de motoare este mic, putînd fi alimentate de la rețele de puteri mai mici ;

— colivia de pornire construită din alamă asigură motoarelor sincrone un cuplu de pornire foarte mare și un cuplu de intrare în sincronism, superioare celor realizate cu colivie de fier. Motoarele cu acest tip de colivie pot fi utilizate în cazurile în care se impun condiții grele la pornire, cum și în alte situații. Curentul de pornire absorbit de motoarele cu acest tip de colivie este mare, însă inferior celui absorbit de motoarele cu colivie de cupru.

Bibliografie

[1] *Gheorghiu, S. I.* Mașini electrice, vol. **III.** București, Editura didactică și pedagogică, 1963.

[2] *Richter, R.* Mașini electrice, vol. **II.** București, Editura tehnică, 1959.

[3] *Drăgănescu, O., Cimpeanu, A., Galbenu, Gh.* și *Stamate, S.* Cercetări experimentale asupra caracteristicii de pornire a mașinilor electrice rotative sincrone și asincrone. În : Electrotehnica, nr. 8, 1964.

[4] *Drăgănescu, O., Cimpeanu, A.* și *Galbenu, Gh.* Cercetări experimentale asupra caracteristicii de pornire a mașinilor sincrone. Comunicări tehnice, „Electroputere", nr. 1, 1963.

[5] *Drăgănescu, O., Galbenu, Gh.* și *Cimpeanu, A.* Cercetări experimentale asupra caracteristicilor de pornire și pierderilor suplimentare la mașinile sincrone și asincrone. Comunicare ținută la sesiunea științifică a Institutului politehnic — Timișoara, aprilie 1964.

Intrat în redacție la 27. XI. 1964

Determinarea cîmpului termic în înfăşurările transformatoarelor

Coriolan Truţă şi Adrian Mereanu* — Craiova

CZ 621.3.017.7 : 621.314.2.045.53

Pentru calculul şi construcţia transformatoarelor, pe lîngă problemele electromagnetice şi de izolaţie, problema încălzirii este de o importanţă capitală.

În cazul transformatoarelor mici şi mijlocii, cadrul problemei este totuşi limitat de însăşi mărimea transformatoarelor care implică utilizarea unui singur mod de răcire şi anume cel cu răcire naturală şi cu circulaţie naturală a uleiului prin ţevi sau radiatoare de răcire pe baza principiului de termosifonare.

În această situaţie, pentru transformatoarele de mică putere, o mai mare importanţă o are repartiţia temperaturilor în interiorul transformatorului.

În proiectare, calculul încălzirii transformatoarelor presupune o anumită distribuţie a temperaturilor în interiorul lor. Această distribuţie se determină teoretic, corectarea ei făcîndu-se prin încercări experimentale.

Determinarea repartiţiei pe elementele de răcire exterioare (cuvă, radiatoare) se face cu termometre, cu ajutorul cărora se poate ridica o hartă termică.

Studiul distribuţiei interioare a temperaturilor pune probleme mai deosebite, în sensul că elementele de măsurare — termocuplele — se dispun în diferite puncte din transformator încă din timpul execuţiei.

Repartiţia temperaturilor într-o bobină se poate determina experimental şi în cazul aşezării bobinei într-o cuvă cu ulei. În acest caz există două avantaje faţă de încercarea pe un transformator:

— încercarea se poate efectua comod;

— există libertatea alegerii secţiunii şi a numărului spirelor, precum şi a dimensiunilor bobinei; în aceste condiţii se poate alege o bobină cu multe straturi şi multe spire, care este mai indicată pentru verificarea legilor repartiţiei cîmpului termic, legi stabilite tocmai în astfel de ipoteze.

Prin ridicarea cîmpului termic în înfăşurările unui transformator, aşa cum s-a procedat în cazul de faţă, se creează însă posibilitatea unor determinări importante din punct de vedere practic şi anume: ridicarea cîmpului real în condiţiile de transformator; verificarea de metode de măsurare şi principii constructive ale transformatoarelor; calculul temperaturii punctului celui mai cald.

Încălzirea transformatorului se face după legi exponenţiale cunoscute (Demoulin — Marique, Richter, Reber etc.), care înglobează însă o anumită eroare. Procesul încălzirii transformatorului, definit de încălzirea punctului celui mai cald şi de timpul necesar ca aceasta să ajungă la o valoare stabilizată în cazul suprasarcinii, este prins în ecuaţii diferenţiale, care însă rareori sînt integrabile uşor, şi atunci duc la expresii a căror complexitate nu este totdeauna justificată de precizia obţinută [3].

În această situaţie, o problemă care se impune este extragerea experimentală a unor relaţii simple cu care să se poată aproxima temperatura punctului celui mai cald din transformator.

Repartiţia temperaturilor exterioare, în cazul încărcării în scurtcircuit cu suma pierderilor în scurtcircuit şi în gol, nu diferă de aceea care se stabileşte în cazul încercării la parametri nominali.

Repartiţia interioară diferă însă, sediul pierderilor de mers în gol nefiind păstrat, la încercarea în scurtcircuit [1]. În plus, schema hidrodinamică echivalentă se schimbă cu viscozitatea uleiului (care depinde de temperatură), ducînd la o circulaţie diferită a uleiului şi deci la alte condiţii de răcire pentru diferitele puncte din interiorul transformatorului [2]. Acest fenomen intervine şi la încercările prezentate în lucrare, de pildă la scăderea sarcinii de la 1,1 I_n la 0,9 I_n, respectiv la 0,7 I_n. În lucrare se notează temperatura cu T, iar încălzirea cu θ. Datele sînt exprimate în °C.

Rezultate experimentale

1. *Încercările.* Un transformator tip TTU 315 kVA, 6/0,4 kV, cu bobinaj concentric stratificat, a fost supus încercărilor indicate în tabelele 1 şi 2. Pe miezul şi bobinajul acestuia au fost plasate 70 termocuple dispuse în planul de simetrie al transformatorului. Punctele de măsurare a temperaturii sînt indicate în figurile: 1, 2 şi 3. Termocuplele folosite sînt cupru-constantan şi au rezistenţa de 29 Ω la 10°C; milivoltmetrul are domeniul de măsurare 10 mV.

S-a alimentat înfăşurarea de înaltă tensiune. În calcul s-au folosit pierderile: $P_{k75} = 6110$ W şi $P_0 = 1\,250$ W. Suprasarcinile αI_n, după stabilizare la $\beta P_n = \beta^2 P_{k75} + P_0$, s-au notat cu $\beta P_n \alpha I_n$.

La fiecare dintre încercări s-au întocmit: o tabelă de sarcină, care reflectă stabilizarea încălzirii uleiului; o tabelă cu variaţia rezistenţe lor la cald şi diagrama semilogaritmică de calc corespunzătoare. Acestea nu s-au anexat. I

* Ing. *C. Truţă* şi *A. Mereanu* lucrează la Uzinele „Electroputere" — Craiova.

tele finale (rezultînd din prelucrarea acestor tabele și diagrame) sînt prezentate în tabelele 1 și 2 :

Tabela 1

Încălzirile la suprasarcini (după stabilizare s-a trecut la suprasarcină, timpul fiind conform VDE 0532/1.59)

		$1{,}1\,I_n$	$1{,}2\,I_n$	$1{,}3\,I_n$	$1{,}4\,I_n$	$1{,}5\,I_n$
$0{,}5\,P_n$	θ_{ui}	33,3	33,8	32,1	32,6	33,9
	$T_{ui\,max}$	46,3	48,2	55,0	46,0	57,0
	θ_u	61,1	61,3	60,0	51,6	44,0
	$T_{u\,max}$	88,0	92,6	99,0	88,4	82,5
	θ_{IT}	60	56	62	56	54
	θ_{JT}	67	62	70	63	61
	T_{max}	91,0	95,6	102,0	91,4	85,5
	T_a	10,3	13,5	17,3	14,3	16,0
$0{,}75\,P_n$	θ_{ui}	52,5	49,7	51,0	48,4	50,9
	$T_{ui\,max}$	72,6	74,0	77,2	74,2	67,3
	θ_u	63,5	61,9	60,5	55,6	56,1
	$T_{u\,max}$	94,6	96,6	100,2	93,0	86,9
	θ_{IT}	62,0	62,0	64,0	60,0	60,0
	θ_{JT}	68,0	68,0	71,0	67,0	67,0
	T_{max}	97,6	99,6	103,2	96,0	89,9
	T_a	12,6	13,8	17,4	15,7	14,8
$0{,}9\,P_n$	θ_{ui}	62,4	61,2	62,4	62,5	61,7 (62,6*)
	$T_{ui\,max}$	83,5	82,6	87,9	87,8	88,0 (86,2*)
	θ_u	66,3	67,2	65,0	64,5	62,7 (64,0*)
	$T_{u\,max}$	91,9	99,0	100,3	95,2	92,2
	θ_{IT}	65	65	64	66	63 (64*)
	θ_{JT}	72	72	71	74	71 (72*)
	T_{max}	94,9	102,0	103,3	98,2	95,2
	T_a	6,6	10,7	10,7	12,7	15,7 (17,0*)

* Probă repetată pentru citirea unui număr suficient de termocuple.

Tabela 2

Încălzirile la sarcini

Stabilizare	30 min	θ_u	θ_{IT}	θ_{JT}	$T_{u\,max}$	T_a	T_{max}
$0{,}5\,P_n$	$0{,}5\,I_n$	31,1	30,0	32,0	49,5	8,0	52,5
$0{,}7\,P_n$	$0{,}7\,I_n$	47,9	44,0	49,0	68,0	9,5	71,0
$0{,}9\,P_n$	$0{,}9\,I_n$	64,1	58,0	65,0	84,0	6,5	87,0
P_n	I_n	69,6	66,0	71,0	90,5	4,4	93,5
$1{,}1\,P_n$	$1{,}1\,I_n$	81,7	75,0	82,0	105,0	10,3	108,0
$1{,}1\,I_n$	—	65,6	64,0	68,0	93,3	6,8	16,3
$0{,}9\,I_n$	—	49,5	48,0	50,0	74,0	9,0	77,0
$0{,}7\,I_n$	—	31,9	31,5	33,0	51,0	8,8	54,0

— temperatura mediului ambiant T_a ;

— încălzirea uleiului θ_u, măsurată cu termometrul pe capac ;

— încălzirea înfășurărilor θ_{IT}, θ_{JT}, măsurată prin metoda variației rezistenței ;

— temperatura maximă a uleiului $T_{u\,max}$, măsurată cu termocuplu ;

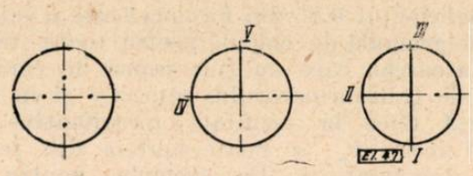


Fig. 1. Dispunerea termocuplelor în bobinajul de JT în 5 secțiuni.

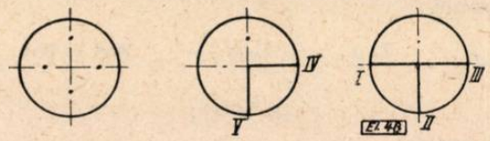


Fig. 2. Dispunerea termocuplelor în bobinajul de IT în 5 secțiuni.

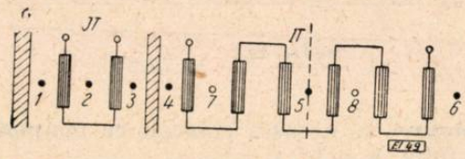


Fig. 3. Dispunerea termocuplelor în canalele din cadrul secțiunii :

1 — pe partea interioară a stratului interior ; *2* — pe pana dintre straturi, aproximativ la mijlocul canalului ; *3* — pe partea exterioară a conductorului stratului exterior ; *4* — pe partea interioară a conductorului stratului interior *5* — pe pana dintre grupările de straturi, aproximativ la mijlocul canalelor ; *6* — pe partea exterioară a conductorului stratului exterior ; *7, 8* — între stratul de hîrtie și stratul de prespan care constituie izolația dintre straturi.

— temperatura maximă a înfășurării T_{max}, măsurată cu termocuplu ;

— încălzirea uleiului la stabilizarea anterioară suprasarcinii, θ_{ui}, măsurată cu termometrul pe capac ;

— temperatura maximă a uleiului la stabilizarea anterioară suprasarcinii $T_{ui\,max}$, măsurată cu termocuplu.

2. *Calculul temperaturii punctului celui mai cald.* Se apreciază că punctul cel mai cald se găsește în secțiunea $\overline{V}$, $h = 1$, canal 3. Există totuși sarcini la care, accidental, alte puncte ating o temperatură mai mare cu 1—3°C, din cauza unei repartiții puțin modificate a temperaturilor în transformator și deci a unei alte scheme de circulație a uleiului (direcții și viteze). Aceste puncte nu sînt totdeauna aceleași, după cum reiese din consultarea tabelelor tuturor probelor. În medie se pare că ar trebui adăugat la T_{umax} 2°C, pentru a obține într-adevăr punctul cel mai cald al uleiului.

Încălzirea punctului celui mai cald al înfăşurării se recomandă să se determine cu relaţiile (1) şi (2), [2]:

$$\theta_{max} = \theta_{u\,max} + \theta_{mg}\,, \qquad (1)$$

$$\theta_{mg} = \theta_{mb} - \theta_{mu} = \theta_{mb} - 0{,}85\ \theta_{u\,max}\,, \qquad (2)$$

$$\theta_{u\,max} = T_{u\,max} - T_a\,. \qquad (3)$$

Coeficientul 0,85 din formula 2 este o valoare medie generală de calcul, pentru toate transformatoarele, care nu ţine seamă de caracteristicile transformatorului respectiv şi în consecinţă duce la rezultate aproximative. În cazul acesta θ_{mu} se poate aprecia din repartiţia temperaturii. De exemplu, pentru P_n (fig. 7) secţiunea $\overline{V}$, canal 3, se obţine, aproximativ, luînd media temperaturilor punctelor extreme:

$$T_{mu} = \frac{T_{u\,(h=1)} + T_{u\,(h=0)}}{2} = \frac{90{,}4 + 49{,}0}{2} \cong$$

$$\cong 70°\text{C};$$

mai precis:

$$T_{mu} = \frac{\sum_{h=0/6}^{h=6/6} T_u}{7} = \frac{90{,}5 + 88{,}6 + 81{,}5 + 72{,}2 + 65{,}5}{7} +$$

$$+ \frac{58{,}0 + 49{,}0}{7} = 72{,}2°\text{C}.$$

Se observă că aceasta coincide cu temperatura punctului $h = 1/2$;

$$\theta_{mu} = T_{mu} - T_a = 72{,}2 - 4{,}4 = 67{,}8°\text{C};$$

$$\theta_{mg} = 71 - 67{,}8 = 3{,}2°\text{C}.$$

Valori asemănătoare se obţin şi pentru restul sarcinilor. Eroarea maximă a determinării lui θ_{mg} este suma erorilor lui θ_{mb} şi θ_{mu} (acestea la rîndul lor fiind o sumă de erori) şi este de ordinul lui θ_{mj}.

În acest caz se va prefera adoptarea lui:

$$\theta_{mg\,med} = 3°\text{C}. \qquad (4)$$

Încălzirea maximă a uleiului se dovedeşte destul de departe de încălzirea măsurată pe capac. Această diferenţă este sesizată şi în [2]. Variaţia diferenţei cu sarcina este prezentată în figura 9. Este importantă, din punct de vedere practic, şi curba variaţiei diferenţei dintre încălzirea punctului celui mai cald al înfăşurării şi încălzirea uleiului, măsurată cu termometrul pe capac, funcţie de sarcină [2]. Această curbă este reprezentată tot în figura 9.

Pe baza acestei curbe se poate aprecia în exploatare încălzirea punctului celui mai cald, măsurînd temperatura uleiului pe capac şi curentul primar. Se poate folosi şi curba din figura 10, care este o dreaptă definită de relaţia practică:

$$\theta_{max} = 1{,}27\ \theta_u\,. \qquad (5)$$

Relaţia are maximul de exactitate pentru θ_u cuprins între 0 şi valori de ordinul lui θ_{adm} (60°C după STAS 1703-60), domeniu care interesează de fapt în practică.

Curbele din figurile 9 şi 10 şi relaţia (5) sînt valabile în cazul atingerii unei încălziri stabilizate. Pentru suprasarcini se reprezintă creşterea la suprasarcină a lui $T_{u\,max}$:

$\mathrm{d}T_{u\,max} = T_{u\,max} - T_{u\,max\,i}$ funcţie de creşterea lui θ_u:

$$\mathrm{d}\theta_u = \theta_u - \theta_{ui}$$

şi de timp la diverse suprasarcini.

Adică se reprezintă:

$$\mathrm{d}\theta = \mathrm{d}T_{u\,max} - \mathrm{d}\theta_u$$

funcţie de timp, la diverse suprasarcini (fig. 11).

Cum:

$$\mathrm{d}T_{u\,max} = (T_{u\,max} - T_a) - (T_{u\,max\,i} - T_a) =$$

$$= \theta_{u\,max} - \theta_{u\,max\,i} = (\theta_{u\,max} + 3) - (\theta_{u\,max\,i} + 3) =$$

$$= \theta_{max} - \theta_{max\,i} = \theta_{max} - 1{,}27\ \theta_{ui}$$

şi

$$\mathrm{d}\theta = \theta_{max} - 1{,}27\ \theta_{ui} - (\theta_u - \theta_{ui}) =$$

$$= \theta_{max} - \theta_u - 1{,}27\ \theta_{ui}\,;$$

deci:

$$\theta_{max} = \theta_u + 0{,}27\ \theta_{ui} + \mathrm{d}\theta\ (t, I). \qquad (5')$$

Din aspectul curbelor din figura 11 se poate deduce relaţia aproximativă pentru $\mathrm{d}\theta$:

$$\mathrm{d}\theta = \frac{2^{10\left(\frac{I}{I_n} - 1\right)}}{22} t,\ °\text{C}\ (t \text{ se dă în minute}) \qquad (6)$$

în care I este suprasarcina. Sau:

$$\log \mathrm{d}\theta = 3{,}0103\left(\frac{I}{I_n} - 1\right) + \log t - 1{,}342 \simeq$$

$$\simeq 3\,\frac{I}{I_n} + \log t - 4{,}35. \qquad (6')$$

De exemplu, pentru suprasarcina 1,2 I_n 60 min după stabilizare la 0,75 P_n, aplicînd relaţiile (5) şi (6):

$$\theta_{max} = 61{,}9 + 0{,}27 \cdot 49{,}7 + \frac{2^{10\,(1{,}2-1)}}{22} \cdot 60 \simeq 86°\text{C}.$$

Din tabela 1: $\theta_{max} = 85{,}8°\text{C}$.

Relaţia are maximul de exactitate pentru 1,1...1,5 I_n şi θ_u de ordinul lui θ_{adm} (60°C după STAS 1703-60).

Pentru a se ţine seamă de posibilitatea, amintită anterior, a existenţei unui punct mai cald cu 2°C decît cel ales, se majorează (în medie, pentru $\theta_{ui} = 50....55°\text{C}$) la 0,3 coeficientul lui θ_{ui} şi se obţine relaţia:

$$\theta_{max} = \theta_u + 0{,}3\ \theta_{ui} + \mathrm{d}\theta.$$

$$\log \mathrm{d}\theta = 3\,\frac{I}{I_n} + \log t - 4{,}35. \qquad (6'')$$

Se observă că la schimbarea tipului și construcției transformatorului forma ecuațiilor (5) și (6) nu se schimbă, însă valoarea coeficienților 1,27 și 4,35 suferă oarecare modificări. Aceste modificări pot fi sesizate experimental (operație complicată) sau eventual deduse din legile transmisiei căldurii, funcție de datele geometrice ale transformatorului (cu precizie nesatisfăcătoare).

3. *Erori.* Eroarea care se comite la citirea termocuplului este aproximativ 1°C, rezultînd în special din faptul că termocuplele nu se citesc simultan. Eroarea relativă la diferența dintre două termocuple este mai mică, fiindcă se citesc aproximativ în 7 minute toate termocuplele de la oprirea probei.

Eroarea cu care se obține $\theta_{u\ max}$ funcție de P, T se poate aprecia din compararea unor sarcini identice și rezultă circa 4°C.

Sarcinile identice utilizate pentru comparare au fost cele trei grupuri de cîte cinci stabilizări dinaintea suprasarcinilor. S-au efectuat două încercări la 0,9 P_n și două la 1,1 P_n în condiții cît mai apropiate, avînd ca scop principal determinarea diferenței cu care se obține $\theta_{u\ max}$. În primul caz s-a obținut 1°C, iar în al doilea caz, circa 3°C.

Aceasta, deoarece chiar la sarcini identice există: alte încălziri finale θ_u, θ_{IT}, θ_{JT} care pot fi afectate de o eroare de circa 2°C; alt regim de stabilizare (pot diferi: ora pornirii, variația ambiantului, curentul de forțare inițial și durata sa, încălzirea la care se trece la sarcina respectivă); alt personal; alt ambiant; altă ordine de citire a termocuplelor.

Eroarea cu care se obține θ_{max} funcție de P, T atinge circa 5°C, deoarece la erorile precedente se adaugă 1°C, eroare rezultată la adăugarea căderii de temperatură în izolația înfășurării, cînd θ_{max} se calculează din citirile termocuplelor la suprasarcină. Se apreciază că rezultă la aceeași eroare obținerea lui θ_{max} din relația (6″).

La stabilizare erorile sînt mai mici decît la probele de suprasarcină, termocuplele citindu-se aproximativ în aceleași condiții.

Interpretarea rezultatelor obținute

1. *Temperaturile obținute la diferitele încercări.* Creșterea temperaturii funcție de sarcină se poate urmări în figura 4.

Pentru restul încercărilor din tabelele 1 și 2 s-au reprezentat, pentru fiecare încercare, pe o diagramă repartițiile în toate canalele. Pentru fiecare încercare s-a întocmit o tabelă care cuprinde citirile termocuplelor, în afară de cele reprezentate în curbe. În interpretarea rezultatelor s-a ținut seamă de toate aceste date, dar în lucrare apar, ca exemplu, numai curbele (repartițiile axiale) și tabelele corespunzătoare [illegible]va încercări (fig. 4—8 și tabelele 3—5). [illegible]area de înaltă tensiune care are un număr mai mare de straturi repartiția radială se apropie mai mult de alura teoretică a repartiției într-o bobină compactă de grosime sufi-

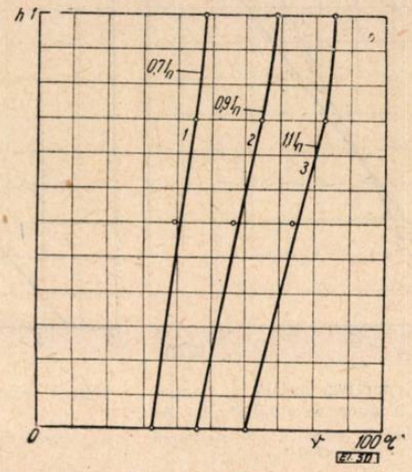


Fig. 4. Repartiția axială a temperaturilor în secțiunea V, canalul 8:
1 — pentru încercarea 0,7 I_n; *2* — pentru încercarea 0,9 I_n; *3* — pentru încercarea 1,1 I_n.

cient de mare. În rezultate intervine poziția pe care o au termocuplele față de bobinaje, cum și căderea de temperatură în izolația conductorului de joasă tensiune (bandă albă jumătate suprapusă), a conductorului de înaltă

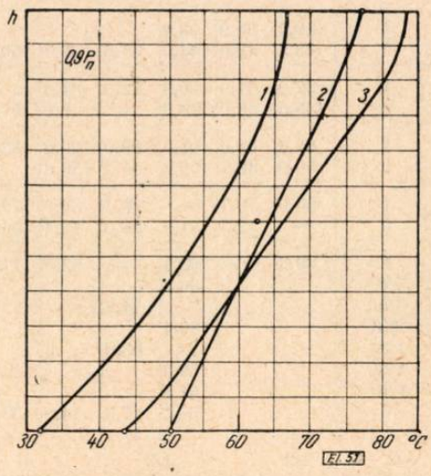


Fig. 5. Repartiția axială a temperaturilor la încercarea 0,9 P_n:
1 — miez; *2* — secțiunea V, canal 8; *3* — secțiunea V, canal 3.

tensiune (hîrtie natron 2 × 0,12 mm) și a stratului de înaltă tensiune (hîrtie natron 0,12 mm, prespan 0,25 mm).

Comparînd sarcinile P_1, P_2 ($P_1 > P_2$), așa cum era de prevăzut, se observă că panta curbei h (θ) scade cu creșterea temperaturii (panta curbei pentru P_1 e mai mică decît

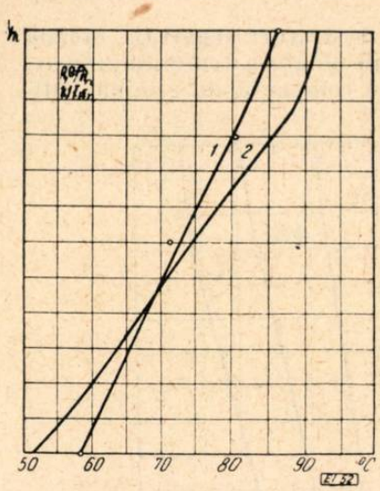


Fig. 6. Repartiţia axială a temperaturilor la încercarea 0,9 P_n, 1,1 I_n:
1 – secţiunea V, canal 8; *2* – secţiunea V, canal 3.

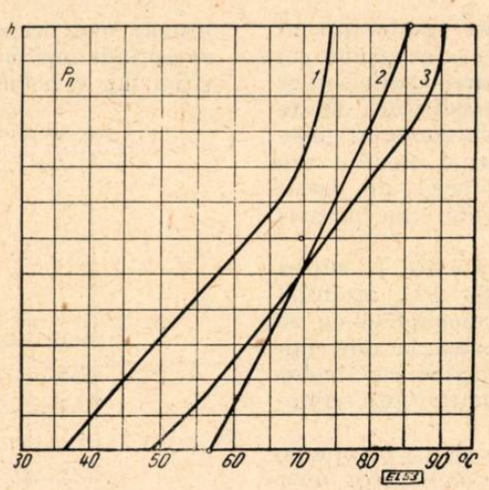


Fig. 7. Repartiţia axială a temperaturilor la încercarea P_n:
1 – mie:; *2* – secţiunea V, canal 8; *3* – secţiunea V, canal 3.

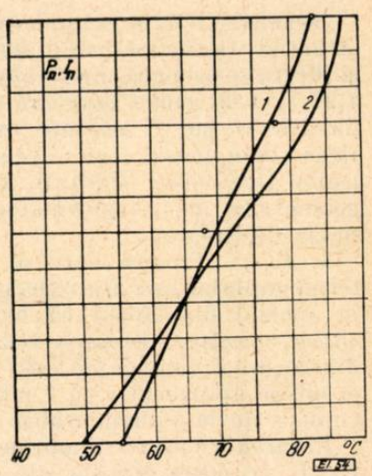


Fig. 8. Repartiţia axială a temperaturilor la încercarea P_n, I_n:
1 – secţiunea V, canal 8; *2* – secţiunea V canal 3.

pentru P_2). La fel se întîmplă la trecerea de la sarcină stabilizată la suprasarcină.

Din repartiţia temperaturilor pentru proba P_1 ne fixăm atenţia asupra punctului din sec-

Tabela 3

Repartiţia temperaturilor în interiorul transformatorului la încărcarea de 1,1 I_n

Secţiunea	h \ canal	1	2	3	4	5	6	7
I	1	89,7	86,0	93,0				
	0	48,3	42,0	44,0	47,5	55,4	50,0	
II	1	92,0	91,0	90,3	82,3	81,3	—	
	0	48,5	46,0	49,3	—	49,0	54,2	
III	1	85,0	88,0	91,3	89,0	80,0	82,7	
	0	50,0	48,7	52,0	44,2	50,3	—	
IV	1	93,0	79,7	—	78,4	84,0	79,3	
	0	—	52,3	61,0	46,0	43,4	56,8	
V	1	89,3	—	93,3	—	82,0	74,0	74,0
	5/6			90,2				
	3/4				74,7			
	2/3			86,4				
	1/2			73,7	63,0			75,0
	1/3			69,0				
	1/6			61,8				
	0			56,4	47,3	44,0	53,0	—

Miez	h	1	2/3	1/3	0
		73,5 (76,0*)	70,3	54,3	27,5

* În axa ferestrei

ţiunea V, canal 3, $h = 1/2$. La proba P_2 încălzirea acestui punct va fi mai mică; vor fi mai mici şi: — încălzirea uleiului măsurată cu termometrul pe capac; — încălzirea medie a înfăşurărilor măsurată prin metoda variaţiei rezistenţei.

Din tabele se observă că diferenţa dintre încălzirea medie a înfăşurării şi încălzirea punctului $h = 1/2$ este tocmai căderea de temperatură în izolaţie.

Se compară încălzirile finale atinse la diferite suprasarcini, a căror durată este conform

Tabela 4

Repartiţia temperaturilor în interiorul transformatorului la încercarea de 0,9 P_n; 1,1 I_n

	Secţiunea	h \ canal	1	2	3	4	5	6	7
0,9 P_n	I	1	80,0	80,6	82,0		74,0		
		0	40,4	40,6		40,0	44,2	41,2	
	II	1	81,2	81,4	82,4		72,4		
		0	41,0	38,2	40,7		39,7	43,6	
	III	1	77,6	80,0	82,2	78,8	71,5	74,3	
		0	42,0	41,8	42,0	40,7	44,5		
	IV	1	82,5	82,0		70,3	72,5	69,5	
		0		44,3	47,0	39,6	38,0	48,1	
	V	1	78,7				73,4	65,4	63,8
		1/2				54,6			63,7
		0				34,6	43,1		
	miez	1 în axa ferestrei 66,3							
1,1 I_n	III	1				88,2	79,5	82,5	
	IV	0		50,7	54,5	45,5	44,0	56,0	
	miez	2/3 64,2							

VDE 0532/1.59. La probele făcute după acesta, încălzirile finale ar trebui să fie egale.

Rezultatele obţinute nu sînt identice, dar sînt comparabile (tabela 1). Plaja pe care se întind aceste rezultate este de circa 4°C, dacă ne referim la încălzirea înfăşurărilor la [illegible] sarcini, care urmează după a[illegible]

Tabela 5

Repartiţia temperaturilor în interiorul transformatorului la încercarea P_n, I_n

	Secţiunea	canal / h	1	2	3	4	5	6	7
P_n	I	1	89,0		91,0		83,0		
		0	47,0	45,0		46,0	51,5	46,7	
	II	1	90,5	90,0			80,0		
		0	46,5	43,5	46,5		46,5	49,5	
	III	1	85,5	88,0	91,2	86,2	78,0	81,2	
		0		46,7	49,0	41,5	50,0		
	IV	1	92,0	84,0		79,0	81,0	79,0	
		0		48,7	51,5	43,5	41,4	53,5	
	V	1	88,0				82,0	74,3	72,0
		1/2				61,0			72,0
		0				42,0	40,0	50,0	
	miez	1 în axa ferestrei 73,0							
I_n	III	1				83,5	76,0	79,5	
	IV	0		49,0	50,0	43,5	41,5	52,0	
	miez	2/3 70,0							

iniţială. Pe ansamblu, această plajă este de circa 10°C. Cu cît timpul suprasarcinii scade, încălzirea uleiului este mai mică. Dacă la aceasta se adaugă faptul că stabilizarea iniţială a fost mică se obţin date total neconcludente. Astfel, la 0,5 P_n, 1,5 I_n:

$$\theta_u = 44°C.$$

Suprasarcina 0,9 P_n, 1,1 I_n, care se practică de obicei, dă rezultate întrucîtva acoperitoare şi comparabile cu sarcina nominală.

2. *Compararea temperaturii diferitelor puncte din interiorul transformatorului* cu: temperatura uleiului măsurată cu termometrul pe capac; temperatura medie a înfăşurărilor măsurată prin metoda variaţiei rezistenţei.

Tabelele 1 şi 2, fig. 9 şi datele care rezultă din relaţiile (1)— (4), plus citirile termocuplelor la toate probele, arată că există zone de ulei cu circa 15°C (la sarcină nominală) mai calde decît uleiul a cărui temperatură se măsoară cu termometrul de pe capac şi că temperatura medie a înfăşurărilor reprezintă, într-adevăr, o valoare cuprinsă în intervalul de variaţie a temperaturii pe înălţime, depăşind media temperaturilor uleiului cu 2—3°C (care este căderea de temperatură în izolaţie). Aceasta reprezintă o verificare a metodei de măsurare prin variaţia rezistenţei.

Se observă că miezul este totdeauna mai rece decît bobinajul.

3. *Corelaţia dintre temperatura punctului celui i cald* şi: temperatura uleiului măsurată cu termometrul pe capac; temperatura medie a înfăşurării măsurată prin variaţia rezistenţei.

Din tabela 2 rezultă că încălzirea punctului celui mai cald depăşeşte în medie cu 16°C încălzirea medie a înfăşurării, variaţia acestei

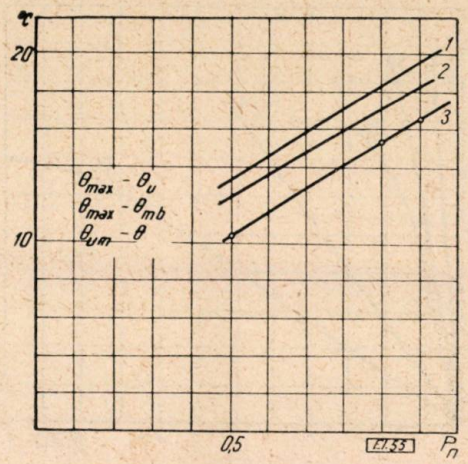


Fig. 9. Variaţia funcţiei de sarcină:
1 — a diferenţei dintre încălzirea punctului celui mai cald al înfăşurării şi încălzirea uleiului, măsurată cu termometrul pe capac; *2* — a diferenţei dintre încălzirea punctului celui mai cald al înfăşurării şi încălzirea medie a înfăşurării; *3* — a diferenţei dintre încălzirea maximă a uleiului şi încălzirea uleiului, măsurată cu termometrul pe capac.

diferenţe cu sarcina fiind prezentată în figura 9. Această diferenţă corespunde, în mare, diferenţei dintre temperaturile punctelor extreme, de circa 35°C care reiese din tabele.

Relaţia (6″) se recomandă pentru exploatare.

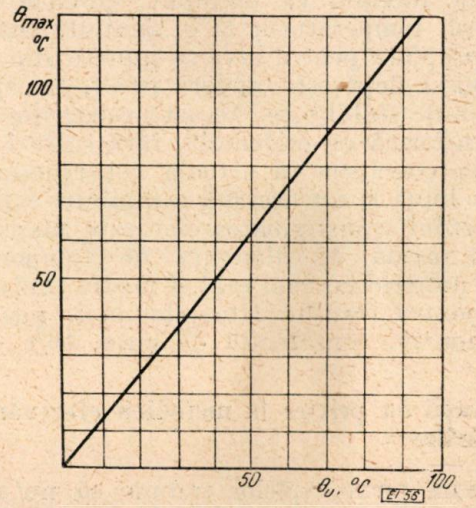


Fig. 10. Variaţia încălzirii punctului celui mai cald al înfăşurării funcţie de încălzirea uleiului, măsurată cu termometrul pe capac.

4. *Schimbarea formei curbelor de repartiţie şi a temperaturilor la diferite probe.* Se urmăreşte schimbarea curbelor de repartiţie a temperaturii uleiului, a înfăşurării (în medie) şi a punctului celui mai cald, atît în cazul comparării a două probe de sarcină stabilizată, cît

şi în cazul trecerii la o suprasarcină de o anumită durată sau al comparării diferitelor suprasarcini.

Repartiţiile pe înălţime la diferite sarcini şi suprasarcini sînt asemănătoare între ele şi

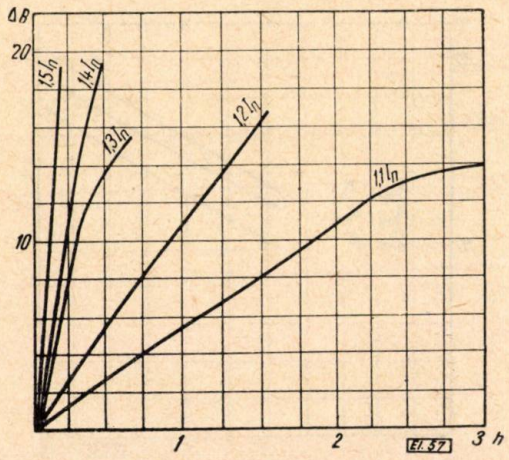


Fig. 11. Variaţia mărimii de calcul dθ funcţie de timp, la diverse suprasarcini.

au alura (cunoscută din literatură: Richter, Piotrovschi, Taylor) crescătoare, cu concavitate spre axa h. Pentru h mic alura este liniară. Pentru h mare temperatura se stabilizează, iar uneori scade la $h = 1$.

Repartiţia radială a temperaturilor în acest transformator (reieşind din tabelele de repartiţie care au însoţit fiecare încercare şi care apar în lucrare, ca exemplu tabelele 3—5) arată că temperaturile la o anumită înălţime sînt apropiate pentru diverse puncte din bobinaj (plaja depăşeşte rareori 10°C), în special la sarcinile stabilizate. Această repartiţie oarecum uniformă pe orizontală, fără salturi, conduce la concluzia că actuala construcţie este relativ bună şi nu necesită schimburi capitale. În calculul transformatoarelor este necesar să se ţină seamă de diferenţa de temperatură dintre punctul cel mai cald şi media înfăşurării care, pentru transformatoarele mici, poate fi, aproximativ, considerată de circa 16°C.

Observaţii cu privire la metodica efectuării încercărilor

Izolaţia termocuplelor trebuie să nu modifice calităţile dielectrice ale uleiului. Nu se va solicita transformatorul la tensiune nominală.

Dispunerea termocuplelor în puncte de potenţiale diferite pune probleme de rigiditate dielectrică, de protecţia aparatelor şi a personalului.

Termocuplele se construiesc şi se etalonează atent, se leagă rigid (jocul taie izolaţia sau distruge termocuplul) cu bandă de bumbac şi ată tare la capătul care conţine perla, se consolidează pe lungimea intrată în bobină.

Fragilitatea şi necesitatea strîngerii lor (pentru a nu depăşi toleranţa la diametrul bobinei) cer o bobinare atentă.

După încuvare nu se mai poate schimba poziţia vreunui termocuplu sau înlătura vreo defecţiune, întrucît decuvarea riscă să producă noi defecţiuni, mai ales dacă izolaţia termocuplelor şi-a pierdut elasticitatea datorită influenţei uleiului cald. La termocuplele plasate în canalele sau în straturile bobinajelor, intervenţia este imposibilă. Transformatorul se execută fără comutator (se folosesc numai prizele nominale). Rezistenţa de izolaţie a termocuplelor faţă de masă, înaltă tensiune, joasă tensiune va fi circa de 50 M Ω la 10°C.

Concluzii

Ridicarea experimentală a cîmpului termic în înfăşurările unui transformator răspunde la problemele ridicate în prima parte a lucrării. Astfel, s-a verificat corespondenţa dintre cîmpul teoretic şi cel experimental, în special în înfăşurarea de înaltă tensiune. Diferenţa dintre temperaturile obţinute la diferite încercări concordă cu previziunile teoretice. Există zone de ulei cu 15°C mai calde decît uleiul a cărui temperatură se măsoară cu termometrul pe capac. Încălzirea punctului celui mai cald depăşeşte cu 16°C încălzirea medie a înfăşurării. Temperatura punctului celui mai cald se calculează cu relaţia (6″).

Rezultatele obţinute confirmă ca fiind relativ bune următoarele probe: — efectuarea suprasarcinilor după VDE 0532/1.59; — actuala construcţie a transformatorului; — măsurarea încălzirii înfăşurărilor prin metoda variaţiei rezistenţei.

Bibliografie

[1] *Richter, R.* Maşini electrice, vol. 3. Bucureşti, Ed. tehnică, 1960.

[2] *Taylor, E. D., Berger, B.* şi *Western, B. E.* On experimental approach to the cooling of transformers colle by natural convection. In: Proc. I.E.E., nr. 20, 1958, p. 141—152.

[3] *Reber, H.* The constant and overload behaviour of oil-filled transformers. In: Power Apparatus and Systems, nr. 61, 1962, p. 235—241.

Intrat în redacţie la 21.V.1964

Materiale electroizolante pe bază de mică legată cu sticlă

Bruno Marcus, Lucia Diaconu şi Violeta Berinde* — Bucureşti

CZ 621.315.613.1 + 621.315.612.6

Introducerea tehnicii moderne în domeniul industriei electrotehnice a impus găsirea unor noi materiale care să permită funcţionarea agregatelor şi a instalaţiilor la temperaturi de regim relativ ridicate, cu păstrarea performanţelor electrice şi mecanice.

În grupa materialelor electroizolante pe bază de mică, ridicarea temperaturii de funcţionare şi-a găsit rezolvarea prin folosirea unor lianţi anorganici şi prin înlocuirea micii naturale cu mică sintetică şi legarea acesteia cu lianţi anorganici.

Mica-sticlă este un material electroizolant constituit din mică naturală sau sintetică legată cu sticlă relativ uşor fuzibilă.

Materialul reprezintă un sistem complex eterogen.

Componentul principal al materialului este mica, a cărei calitate determină caracteristicile finale ale produsului. Sticla constituie componentul care leagă particulele de mică între ele, formînd un material compact.

În timpul tratamentelor termice tehnologice, mica se dizolvă parţial în sticlă, formînd o compoziţie nouă de sticlă.

Astfel, structura materialului apare constituită din cristale de mică deformate, cu margini topite, în amestec cu particulele de sticlă, uniform distribuite în sticla nou formată.

Legăturile din acest sistem cu trei componenţi: mica—sticla iniţială — sticla nou formată sînt solide. Sticla nou formată este capabilă să cristalizeze şi are compoziţii variabile: în apropierea cristalelor de mică este saturată mai mult în mică, iar în apropierea sticlei iniţiale, cu compoziţia mai apropiată de aceasta.

Graniţele dintre cristalele de mică, sticla iniţială şi sticla nou formată nu sînt bruşte.

Cristalele de mică se aşază în special în straturi; din această cauză, mica-sticla este un material anizotrop, ceea ce se manifestă şi în proprietăţile sale.

Proprietăţile materialului tip mica-sticlă, denumit în comerţ micalex, micaver, depind de caracteristicile materialelor iniţiale (mica şi sticla), de proporţia în care se găsesc în amestec şi de structura finală a materialului.

În consecinţă, utilizarea diferitelor sticle şi mici, cum şi a diferitelor regimuri tehnologice, dau caracteristicilor limite destul de largi.

Tabelele 1—4 prezintă caracteristicile unor produse din mica-sticlă fabricate în diferite ţări (micalex): produse sovietice, germane, americane, franceze.

Din valorile performanţelor prezentate în tabele rezultă că aceste materiale au rezistenţa mecanică bună: rezistenţa la încovoiere atinge valori peste 700 kgf/cm² şi ajunge chiar la 1 500 kgf/cm² pentru un sort (tabela 3 tip 1320), rezistenţa la tracţiune prezintă valori cuprinse între 300 şi 700 kgf/cm², iar rezilienţa, valori mai mari ca 2 kgfcm/cm².

Caracteristicile produselor sovietice [6], [4] *Tabela 1*

Denumirea caracteristicii	U/M	Mică naturală cu sticlă	Mică sintetică cu sticlă
Greutatea specifică	g/cm³	3	2,6 —3
Absorbţia de apă după 24 h	%	0,05	0,01
Coeficientul de dilatare termică liniară între 20 şi 150°C	1/°C.10⁶	8—9	11
Căldura specifică	cal/°C	0,2	—
Conductibilitatea termică	cal/cm.s °C	4,5·7,5·10⁻⁴	—
Temperatura de lucru	°Cg	300—350	500—550
Rezistenţa mecanică la tracţiune	kgf/cm²	300—700	—
Rezistenţa mecanică la încovoiere	kgf/cm²	750	750—1 100
Rezistenţa mecanică la compresiune	kgf/cm²	1 000—1 400	—
Rezilienţa	kgfcm/cm²	2—5	—
Rigiditatea dielectrică	kV/mm	min. 13	30
Rezistivitatea de volum la 20°C şi 65% umiditate	Ω cm	min. 10^{12}	10^{14}
Permitivitatea dielectrică 1—3 MHz	—	8	7,5—9,0
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 1—3 MHz	—	max. 0,006	0,0022

* *B. Marcus* este şeful laboratorului de materiale ceramice, *L. Diaconu*, cercetător ştiinţific principal la acelaşi laborator, iar *V. Berinde*, cercetător ştiinţific principal la laboratorul electrofizic la I.C.P.E.

Caracteristicile produselor germane [8] *Tabela 2*

Denumirea caracteristicii	U/M	Mică naturală cu sticlă	
		plăci	piese presate
Greutatea specifică	g/cm³	2,68	4,4
Absorbţia de ulei după 48 h	%	0,02	0,02
Absorbţia de apă	%	0	0
Duritatea	kgf/mm²	37—47	37—47
Rezistenţa mecanică la tracţiune	kgf/cm²	435	150
Rezistenţa mecanică la compresiune	kgf/cm²	2 750	2 050
Rezilienţa	kgfcm/cm²	2,6	2,6
Rezistenţa mecanică la încovoiere	kgf/cm²	710	710
Rigiditatea dielectrică	kV/cm	220	220
Rezistivitatea de suprafaţă la 17°C şi 60% umiditate	Ω	$5 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{12}$
Rezistivitatea de volum în condiţii normale	Ω cm	10^{14}	10^{14}
Permitivitatea dielectrică la 1 MHz	—	7—8	10,5
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 1 kHz la 1 MHz		 0,007 0,002	 — 0,00125
Rezistenţa în condiţii tropicale		foarte bună	
Temperatura maximă de lucru	°C	500	450
Nici o modificare pînă la	°C	700	600
Nici o deformare în cazul solicitărilor de scurtă durată la	°C	1 000	1 000
Stabilitatea la arc (VDE)	—	6	6

Caracteristicile produselor S.U.A. [5], [3] *Tabela 3*

Denumirea caracteristicii	U/M	Plăci de mica—sticlă (micalex) tip				
		2100 (transfer)	2803 (transfer)	2802 (transfer)	1320 (presare)	cu mică sintetică
Greutatea specifică	g/cm³	2,94	2,94	3,89	2,65	3,2—3,5
Absorbţia de apă după 24 h	%	0	0	0	0	—
Volumul specific	cm³/g	0,34	0,37	0,25	0,37	—
Temperatura de lucru	°C	540	370	370	370	750
Conductibilitatea termică	cal/cm.s °C	9,5	9,5	13,0	7,7	22
Coeficientul de dilatare termică liniară	$1/°C \cdot 10^6$	—	—	—	—	11,6
Căldura specifică	cal/°C g	0,11	0,24	0,13	0,23	—
Modulul de elasticitate	kgf/cm² 10^{-5}	4,9	5,6	5,04	6,3—7,7	—
Rezistenţa mecanică la tracţiune	kgf/cm²	430	420	420	420	—
Rezistenţa mecanică la compresiune	kgf/cm²	2 030	2 030	1 820	2 100	—
Rezistenţa mecanică la încovoiere	kgf/cm²	910	910	910	1 530	pînă la 1 500
Rezilienţa	kgf cm	0,69	0,069	0,80	1,84	—
Rezistivitatea de volum în condiţii normale	Ωcm	$4{,}3 \cdot 10^{14}$	$4 \cdot 10^{12}$	$5 \cdot 10^{12}$	$1{,}5 \cdot 10^{13}$	
Rigiditatea dielectrică	kV/mm	14	16	16	16	12
Permitivitatea dielectrică la 50 Hz la 1 MHz	—	— 6,7	6,9 6,9	9,23 9,2	— 6,6	la 100 kHz 7,51 la 10 MHz 7,51
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice 1 MHz 1 000 kHz 10 MHz		 0,0020 — —	 0,0042 — —	 0,0017 — —	 0,0021 — —	 — 0,0014 0,0018
Rezistenţa la arc	s	200	240	250	250	—

Tabela 1

Caracteristicile produselor franceze izolatoare fasonate tip micaver [7]

Denumirea caracteristicii (pe izolator)	U/M	Izolatoare tip	
		Mv 259	Mv 52
Rezistenţa mecanică la tracţiune	kg	1 000	2 500
Rezistenţa mecanică la încovoiere	kg	800	2 200
Rezistenţa la compresiune	kg	1 100	2 800
Tensiunea la străpungere în ulei	kV	19	27
Tensiunea de conturnare în aer	kV	16	22

În general, caracteristicile mecanice sînt influenţate de tehnologia de formare a plăcilor sau a pieselor, cum şi de compoziţia materialului : raportul mică-sticlă.

Caracteristicile electrice sînt remarcabile : rigiditatea dielectrică prezintă valori între 13 şi 22 kV/mm, rezistivitatea de volum, între 10^{12} şi 10^{14} Ω cm, iar permitivitatea dielectrică, între 6 şi 10.

Valori interesante se obţin pentru tangenta unghiului de pierderi dielectrice la frecvenţa de 1 MHz. Tg δ de 12 pînă la maximum 60.10^{-4} face ca materialul să poată fi utilizat la frecvenţe înalte.

Coeficientul de dilatare termică liniară, atît la produsele pe bază de mică naturală, cît şi la cele la care se foloseşte mica sintetică, este cuprins între 8 şi 11.10^{-6}. 1/°C.

Aceste valori sînt apropiate de coeficienţii de dilatare a metalelor, ceea ce face posibilă realizarea izolatoarelor cu inserţii metalice.

Produsele pe bază de mică legată cu sticlă pot fi utilizate la temperaturi, în cazul micii naturale, de 300 pînă la 500°C, iar în cazul micii sintetice, temperatura maximă de lucru poate atinge temperatura de 750°C [3].

În general se remarcă faptul că materialele realizate cu mică sintetică au, pe lîngă temperatura de lucru mai mare, şi caracteristicile electrice mai ridicate.

O altă caracteristică a materialelor tip mica-sticlă este prelucrabilitatea. În afara izolatoarelor fasonate direct prin presare cu sau fără părţi metalice, mica-sticla se produce sub formă de plăci de diferite grosimi (3—15 mm). Aceste plăci pot fi prelucrate cu utilaje obişnuite în atelierele mecanice ale uzinelor. Astfel, plăcile de mica-sticlă pot fi prelucrate prin tăiere, frezare, aşchiere ; se pot realiza filete. Această proprietate asigură o largă utilizare pentru obţinerea unor piese cu profil complicat.

Caracteristicile prezentate situează materialul mica-sticlă pe o poziţie avantajoasă pe scara materialelor electroizolante. Mica-sticla păstrează unele caracteristici ale materialelor organice (prelucrabilitate, rezistenţă la vibraţii etc.), extinde domeniul de aplicaţii la temperaturi de funcţionare ce nu pot fi atinse de acestea (fig. 1). Preluînd unele caracteristici ale

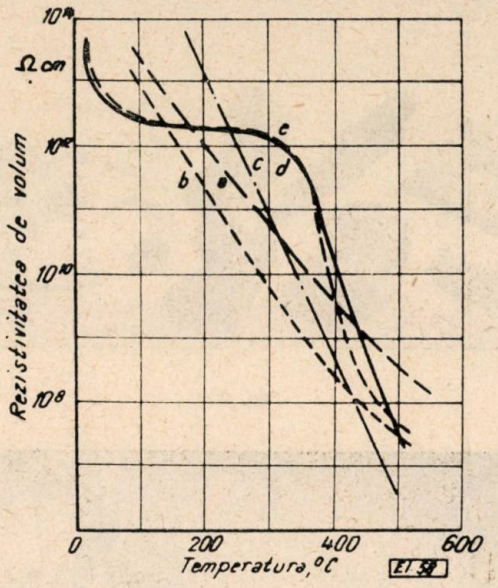


Fig. 1. Rezistivitatea de volum în funcţie de temperatură, pentru : (a, b) — steatit ; (c) — mica-sticlă ; (d şi c) — supramică (mică sintetică cu sticlă).

materialelor electroizolante anorganice (ceramică, sticlă), în ceea ce priveşte rezistenţa mecanică, rigiditatea dielectrică etc., ea lărgeşte domeniul de aplicaţie prin calităţile sale de îmbinare cu părţi metalice, fasonare uşoară, prelucrabilitate (fig. 2—6). Astfel, mica-sticla preia elementele caracteristice valoroase ale celor două grupuri principale de materiale electroizolante organice şi anorganice.

Dintre aplicaţiile curente se remarcă :

— plăci de borne pentru echipamentul electric care funcţionează la temperaturi ridicate ;

— plăci-suport pentru tehnica de înaltă şi foarte înaltă frecvenţă ;

— plăci izolante pentru montaj şi instalaţii care funcţionează în mediu viciat (mediu marin, în subteran etc.) ;

— suporturi de rezistenţe, socluri pentru siguranţe fuzibile, platine pentru potenţiometre, suporturi lămpi radio sau tuburi de televiziune ;

— izolatoare pentru echipamentul cuptoarelor, pentru circuite de pămîntare, pentru instalaţii solicitate la vibrare ;

— plăci şi izolatoare-suport pentru instalaţii ce au trepidaţii (transport).

Produsele realizate cu mică sintetică se utilizează în aparatajul de radiolocaţie, în tehnica energiei atomice.

În cadrul laboratorului de materiale ceramice de la Institutul de Cercetări şi Proiectări Electrotehnice s-au executat lucrări pentru realizarea în ţară a materialelor pe bază de mică legată cu sticlă.

Lucrările de cercetare au dus la obținerea unor materiale de acest tip, avînd performanțe comparabile cu cele ale produselor străine. S-au

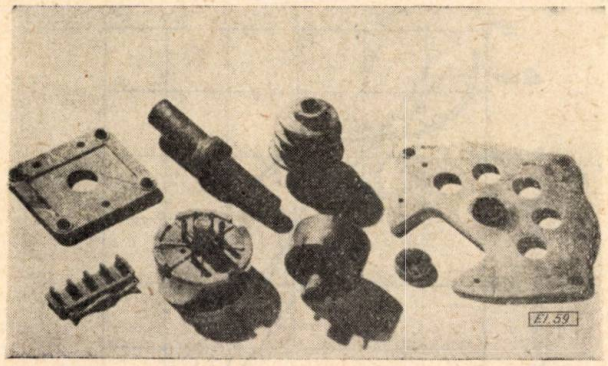


Fig. 2

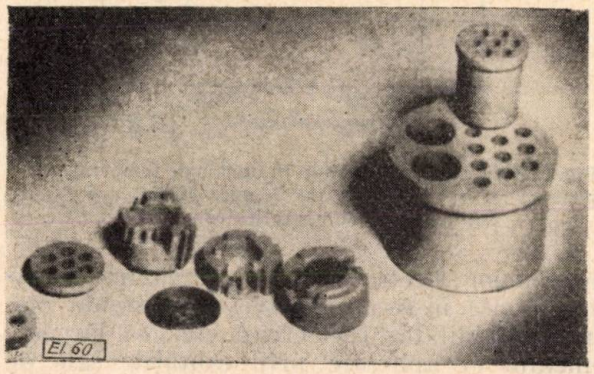


Fig. 3

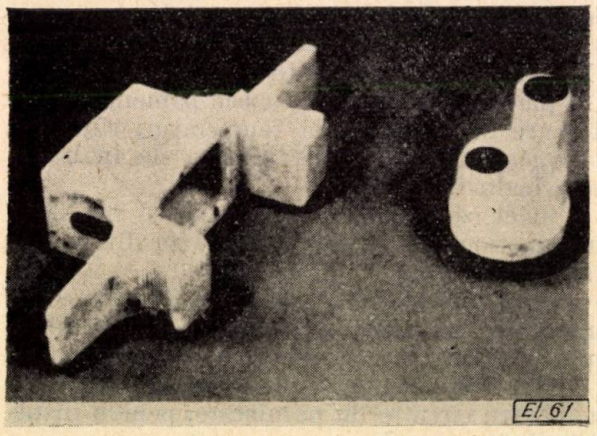


Fig. 4

de utilizare în exploatare a acestora. Atît compoziția, cît și parametrii tehnologici, influențează în mare măsură caracteristicile finale ale materialului.

O schemă foarte sugestivă a procesului tehnologic de realizare a materialului pe bază de

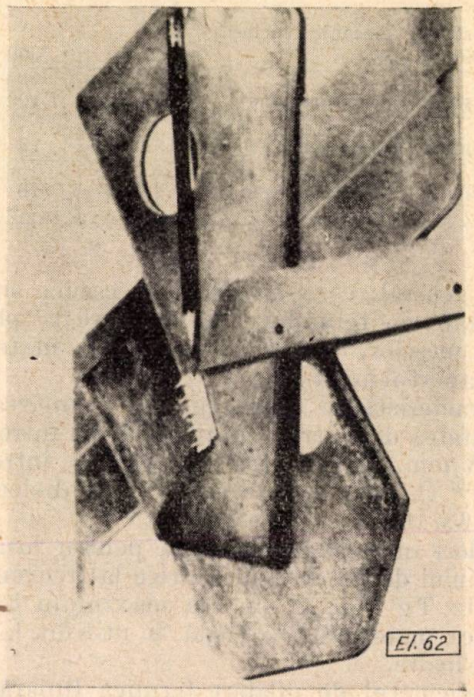


Fig. 5

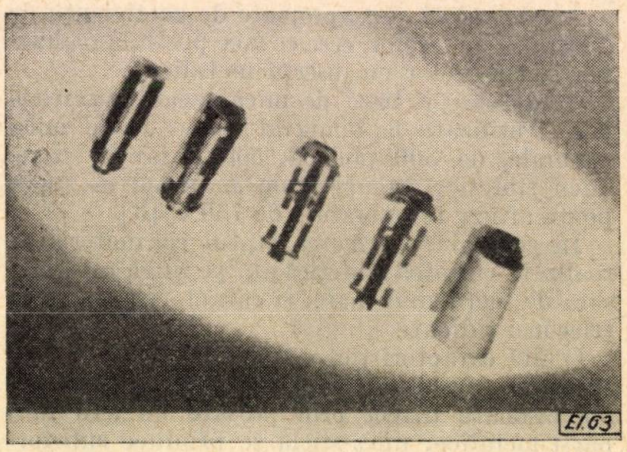


Fig. 6

Fig. 2 — 6. Izolatoare profilate de mica-sticlă și plăci prelucrate mecanic.

realizat plăci de mica-sticlă, cum și izolatoare profilate cu inserții metalice.

Din studiul de compoziții a rezultat că mica-sticla constituie un complex cu foarte multe posibilități, din care se pot realiza materiale cu diferite performanțe, în funcție de necesitățile

mică și sticlă pentru presare și transfer se prezintă în figura 7 [2].

Temperaturile de tratament termic al materialului, cum și cele de presare, sînt în funcție de compoziția amestecului și de caracteristicile sticlei utilizate.

Caracteristicile materialelor realizate la I. C. P. E. *Tabela 5*

Denumirea caracteristicii	U/M	Mică muscovit cu sticlă cu plumb		
		plăci		pentru izolatoare profilate
		14	11	
Greutatea specifică	g/cm³	3,2	3,3	3,6
Absorbţia de apă	%	0,02	0,01	0,00
Duritatea după Mohs	—	4—5	4—5	4—5
Coeficientul de dilatare liniară între 20 şi 200°C	$1/°C \cdot 10^6$	—	—	8—9
Rezistenţa mecanică la încovoiere	kgf/cm²	1 050	1 100	950
Rezistenţa mecanică la compresiune	kgf/cm²	2 500	2 900	2 000
Rezilienţa	kgfcm/cm²	2,30	2,35	2,20
Rezistivitatea de volum în condiţii normale	Ωcm	$> 4 \cdot 10^{14}$	$> 2 \cdot 10^{14}$	$> 3 \cdot 10^{14}$
Rezistivitatea de suprafaţă în : condiţii normale după menţinere în apă distilată	Ω	$> 4{,}9 \cdot 10^{13}$ $6 \cdot 10^{12}$	$> 4{,}9 \cdot 10^{13}$ $9 \cdot 10^{12}$	$> 4{,}9 \cdot 10^{13}$ $5 \cdot 10^{11}$
Rigiditatea dielectrică	kV/mm	18	15	15,5
Permitivitatea dielectrică la 1 MHz	—	9,0	10	10,8
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 1 MHz la 50 MHz	—	0,0025 0,0018	0,0040 0,0032	0,0020 0,0015
Temperatura de lucru, maximă	°C	350	350	300

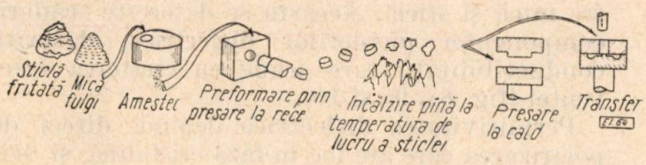


Fig. 7. Schema tehnologică de realizare a plăcilor şi izolatoarelor de mica-sticlă.

În tabela 5 se prezintă caracteristicile principale ale unora dintre materialele realizate de noi în laborator.

Materialele au fost realizate utilizînd în compoziţie mică muscovit naturală în foiţe, deşeuri recuperate de la FCME, cum şi mică muscovit brută de la Întreprinderea minieră Brezoi.

În diagramele din figurile 8, 9, 10, şi 11 se prezintă tangenta unghiului de pierderi dielectrice şi permitivitatea dielectrică în funcţie de frecvenţă, pentru cîteva compoziţii de mica-sticlă, cum şi rezistivitatea de volum în funcţie de temperatură.

Se ştie că tangenta unghiului de pierderi dielectrice este o caracteristică foarte sensibilă a materialelor, care depinde de calitatea materiilor prime, de prezenţa impurităţilor întîmplătoare şi mai ales de structură.

După cum am amintit, mica legată cu sticlă este un material eterogen, un sistem de trei constituenţi, cristale de mică şi fază sticloasă din compoziţia iniţială şi cea nou formată din amestec. Datorită acestei structuri fenomenele de polarizare care au loc în material sub acţiunea unui cîmp electric se manifestă ca o sumă a polarizării diferitelor faze — cristalină şi sticloasă. În cristalele de mică au loc fenomene de

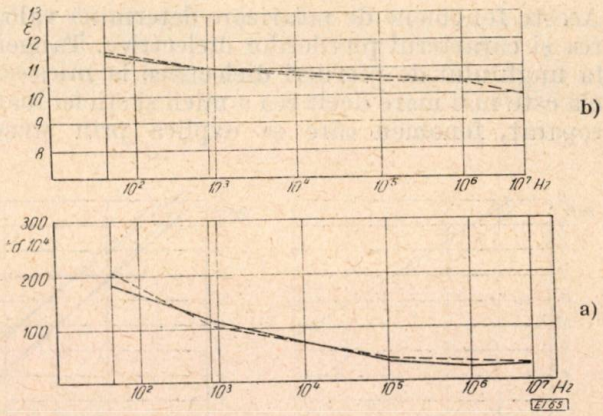


Fig. 8. Variaţia tg δ şi ε în funcţie de frecvenţă, pentru mica-sticlă realizată din sticlă, 60%, şi mică-muscovit particule cu următoarea granulaţie :
——— 250–500 μ; – – – – sub 160 μ.

polarizare electronică şi ionică. La mica-sticlă, pe lîngă polarizarea electronică şi ionică, apare

şi polarizarea de relaxare, care se datoreşte fazei sticloase. La aceasta se adaugă polarizarea structurală datorită neomogenităţii materialului.

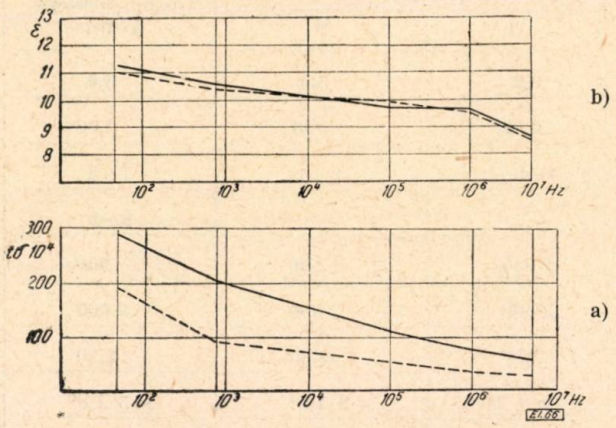


Fig. 9. Variaţia tg δ şi ε în funcţie de frecvenţă, pentru mica-sticlă realizată din sticlă, 40%, şi micămuscovit particule cu următoarea granulaţie :
——— 250–500 μ; – – – – sub 160 μ.

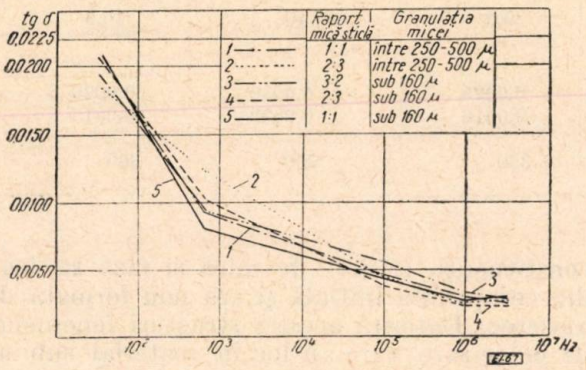


Fig. 10. Variaţia tg δ şi ε în funcţie de frecvenţă, pentru cinci compoziţii de mica-sticlă.

Aceste fenomene de polarizare determină valoarea şi caracterul pierderilor dielectrice. Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la mica-sticlă este mai mare decît cea a micii şi sticlei luate separat, fenomen care se explică prin structura eterogenă a materialului. Acest fenomen devine şi mai evident în cazul în care se folosesc în amestec particule de mică de dimensiuni mai mari, de exemplu între 250 şi 500 μ (fig. 9a).

La creşterea cantităţii de fază sticloasă introduse, dimensiunile particulelor de mică nu mai influenţează în aşa mare măsură omogenitatea materialului şi, prin aceasta, tg δ are aproximativ aceleaşi valori ca în cazul particulelor de dimensiuni reduse ale micii (fig. 8a).

Cu creşterea frecvenţei de la 50 Hz la 1 MHz, tg δ la mica-sticlă scade, indiferent de dimensiunile particulelor de mică şi de raportul dintre mică şi sticlă. Aceasta se datoreşte scăderii componentei pierderilor dielectrice, datorită conductibilităţii care scade cu creşterea frecvenţei (fig. 8a, 9a şi 10).

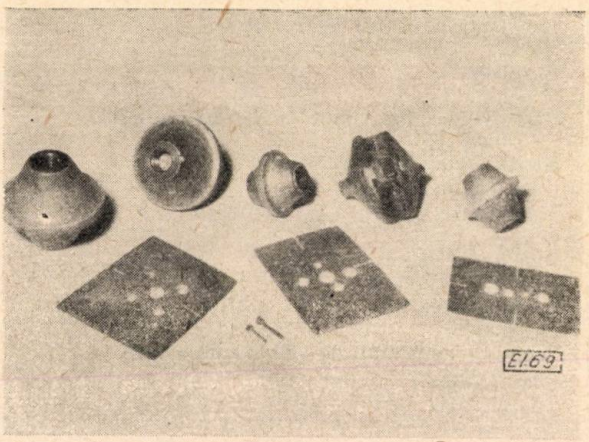


Fig. 12. Izolatoare profilate de mica-sticlă cu inserţii metalice şi plăci prelucrate mecanic realizate la I.C.P.E.

Permitivitatea dielectrică depinde direct de polarizarea care are loc în faza cristalină şi sticloasă. Pentru aceasta, valoarea permitivităţii dielectrice a micii legate cu sticlă este mai mare decît a materialelor luate separat, datorită creşterii cantităţii de fază sticloasă din amestec. Este de remarcat că, cu cît cantitatea de sticlă introdusă este mai mare, cu atît permitivitatea creşte (fig. 8b şi 9b).

În cazul creşterii frecvenţei de la 50 Hz la 10^6 Hz, permitivitatea scade foarte puţin. Scăderea permitivităţii dielectrice cu frecvenţa este neînsemnată pentru materialele cu un conţinut mai ridicat de sticlă (60% sticlă, fig. 8b) şi este ceva mai accentuată în cazurile în care cantitatea de fază sticloasă este mai redusă (40% sticlă, fig. 9b). Fenomenul se explică prin deosebirea de polarizare structurală care, la rîndul său, scade cu creşterea frecvenţei.

Materialele de tip mica-sticlă au conductibilitate electrică ionică condiţionată de ionii metalelor alcaline şi impurităţilor din material. Rezistivitatea de volum scade cu ridicarea temperaturii, ca o consecinţă a slăbirii legăturilor ionice care îi măresc conductibilitatea.

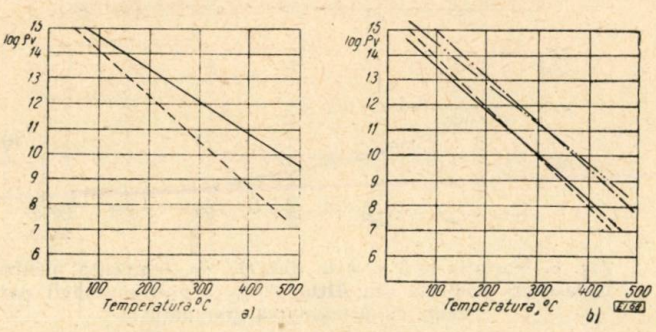


Fig. 11. Variaţia rezistivităţii de volum în funcţie de temperatură, pentru mica-sticlă realizată din :
a – sticlă, 60%, şi mică particule (——— 250–500 μ; – – – sub 160 μ);
b – sticlă, 40%, şi mică particule (——— 250–500 μ; – · – 160–250 μ; – – – – sub 250 μ; – · · – · · sub 160 μ).

Tabela 6

Caracteristicile izolatoarelor realizate la I. C. P. E.

Tipul izolatorului	Rezistenţa de izolaţie. Ω	Tensiunea de conturnare, kV		Tensiunea de străpungere, kV	Rezistenţa mecanică, kg	
		în aer	sub ploaie		tracţiune	compres.
Izolatoare MS-35	$>9{,}4\cdot10^{12}$	24	10	32	1 000	4 700
Izolatoare MS-50	$9\cdot10^{12}$	29	17	42	2 400	9 200

Alura variaţiei rezistivităţii cu temperatura confirmă acest lucru.

Figura 11 prezintă scăderea rezistivităţii de volum la ridicarea temperaturii. Panta de scădere a rezistivităţii, după cum se vede din figură, este influenţată de compoziţia materialului mica-sticlă.

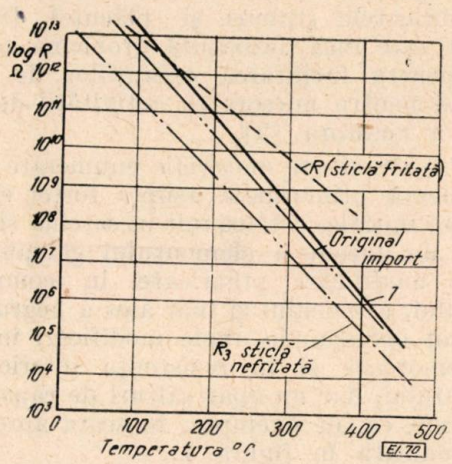


Fig. 13. Variaţia rezistenţei de izolaţie în funcţie de temperatură a unor izolatoare tip MS-35 :
R, 7, R_3 – compoziţii I.C.P.E.; original import – quartz et silice.

Din grupa izolatoarelor fasonate au fost realizate două tipuri cu inserţii metalice (fig. 12).

Caracteristicile mecanice şi electrice ale acestora se prezintă în tabela 6.

Diagrama din fig. 13 prezintă variaţia rezistenţei de izolaţie în funcţie de temperatură a unor izolatoare tip MS–35 realizate la noi, comparativ cu izolatoare de acelaşi tip din import.

Produsele de mica-sticlă au fost pînă în prezent puţin utilizate la noi în construcţia maşinilor şi aparatelor electrice.

În momentul de faţă la Fabrica de Cabluri şi Materiale Electroizolante (FCME) s-a asigurat introducerea în fabricaţie a acestui tip de material pe baza condiţiilor tehnice existente în ţară.

Realizarea şi larga utilizare în ţară a acestui material deschid noi posibilităţi constructorilor din industria electrotehnică pentru folosirea unor materiale electroizolante cu proprietăţi ridicate, în scopul ridicării performanţelor aparatajului şi maşinilor electrice.

Bibliografie

[1] *Sokolov, A. V.* Materiale electroizolante pentru o largă întrebuinţare în ramura transporturilor. In : Elektricheskaia i teplovoznaia teaga, nr. 7, iul 1960, p. 7–8.
[2] *Faloon, J.* Mică întărită cu sticlă. În : Materials and Design Engineering **51**, nr. 2, febr 1960, p. 96–99.
[3] *Kessinger , C. T.* şi *Weber, T.W.* Ceramică cu mică sintetică pentru utilizare la 750°C. În : Bulletin of the American Ceramic Society **39**, nr. 1, ian 1960, p. 10–13.
[4] *Leiserzon, M. S.* Sinteticeskaia Sluida. Leningrad, Gosenergoizdat, 1962.
[5] Formarea prin presare şi transfer a micii legate cu sticlă. In : Ceramic Age **77**, nr. 3, mart 1961, p. 28–31.
[6] Indreptar de materiale electroizolante. Moscova, 1961.
[7] Izolatori micaver – Prospect Quartz et Silice.
[8] Indreptar de materiale electroizolante. Berlin, 1960.
[9] *Bogoroditki, N. P.* şi *Pasinkov, V.V.* Materiale folosite în electrotehnică. Bucureşti, Editura tehnică, 1963.

Intrat în redacţie la 30-X-1964

Contribuţii la stabilirea condiţiilor de utilizare a cîtorva tipuri de MnO_2 în fabricaţia de baterii galvanice

Mircea Barosu, Constanţa Năstase* – Bucureşti
Mariana Pervescu, Stela Tătucu şi Sever Sudreşan** – Timişoara

CZ 621.352.32.004.2

Deşi au trecut aproape 100 de ani de la primele utilizări practice ale pilei uscate: (–) Zn NH_4Cl $MnO_2\cdot C$ (+) [1], caracteristica ei de funcţionare $U = f(t)$ continuă şi astăzi să fie o preocupare actuală, legată mai ales de dezvoltarea recentă a noului ei domeniu de utilizare, acela al aparatelor electronice tranzistorizate. Vitalitatea practică a acestei surse de curent, în contrast cu dificultatea prezentată de panta curbei tensiunilor de descărcare, este demonstrată şi numai prin faptul că, de la cifra modestă de 20 000 pile utilizate în anul 1868 [2], în prezent producţia anuală mondială se cifrează la circa 5 miliarde [3]. Această dezvoltare mare dispune de suportul economic al unor materii prime naturale abundente şi la un preţ relativ redus, şi se bazează pe un grad avansat de specializare şi automatizare a utilajelor tehnologice de fabricaţie.

* *M. Barosu*, chimist diplomat, este şeful laboratorului de electrochimie la I.C.P.E., iar ing. *C. Năstase* este cercetător principal la acelaşi institut.
** *M. Pervescu, S. Tătucu* şi *S. Sudreşan* sînt ingineri chimişti la fabrica Electro-Banat.

Chiar o simplă examinare a curbelor valorilor medii ale tensiunilor de descărcare desenate, în principiu, în figura 1, pune în evi-

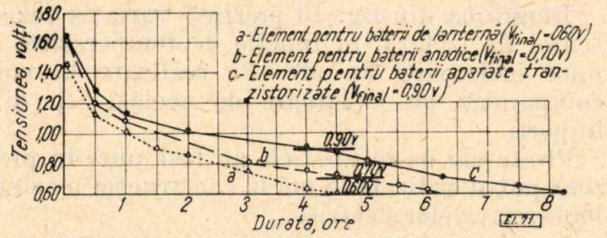


Fig. 1. Curbele valorilor medii ale tensiunilor de descărcare a unui element R 12 cu care se asamblează baterii destinate : — echipării aparatelor electronice cu lămpi, lanternelor portabile şi aparatelor electronice tranzistorizate. Elementele au fost comparate prin descărcarea lor continuă pe rezistenţă constantă de 5 Ω :

a – element pentru baterii de lanternă (tensiune de oprire 0,6 V) ; *b* – element pentru baterii de aparate electronice cu lămpi (tensiune de oprire 0,7 V) ; *c* – element pentru baterii de aparate tranzistorizate (tensiune de oprire 0,9 V).

denţă importanţa studiilor permanente ce se fac pentru a stabili parametrii tehnologici care să asigure produselor o utilizare eficientă, în funcţie de curentul şi tensiunea finală impuse de exploatare.

Imaginea completă a diversităţii condiţiilor de exploatare a bateriilor este dată în tabela 1 din care rezultă importanţa, pentru fabricaţia de baterii de tipul $Zn-MnO_2$, de a se stabili modalitatea realizării, pentru aceiaşi parametri constructivi, a produselor cu caracteristici electrice diferite care să corespundă, în condiţii eficiente, diferitelor scopuri.

Pentru grafit, în afara prescripţiilor de puritate, se pun condiţii de fineţe. A devenit o obişnuinţă generală de a se folosi în fabricaţie, în funcţie de gabaritul produselor şi de destinaţia lor în exploatare, pudra, semipudra şi grafitul fulgi [5], [6].

În ceea ce priveşte negrul de fum de acetilenă (mai ales în ultimii ani), pe lîngă condiţiile de puritate se dă atenţie specială volumului specific şi puterii de absorbţie [7], cunoscîndu-se aportul acestora în înglobarea unor cantităţi suplimentare de oxigen şi în conservarea umidităţii depolarizanţilor, ceea ce influenţează pozitiv capacitatea de curent a produselor.

Dacă, în general, nu mai sînt păreri diferite asupra purităţii zincului din care se execută semifabricatele (tuburi şi plăcuţe) [8], în schimb este încă dezbătută problema adausurilor pentru facilitarea operaţiilor de prelucrare şi pentru micşorarea activităţii de coroziune a acestora [9].

Dar toate aceste materiale enumerate nu au o influenţă primordială asupra forţei electromotoare iniţiale, a tensiunii în sarcină şi capacităţii de curent a elementului galvanic. La uşoare modificări practicate în compoziţia grafitului, a zincului şi mai ales a negrului de fum pot corespunde unele modificări în forţa electromotoare şi în rezistenţa interioară a elementului, dar nu apar salturi de capacitate, de curent ca, de exemplu, în scara aproximativă indicată în figura 1.

Comportarea la depozitare a produselor este

Tabela 1

Domeniul de utilizare	Tensiunea nominală, V	Limitele curenţilor de lucru, mA	Tensiunile de lucru		Observaţii
			iniţială V/element	finală V/element	
Iluminatul portativ	1,5 ; 3,0 ; 4,5 ;	120—280	1,3—1,4	0,6—0,70	lanterne de buzunar
Aparate electronice cu lămpi	anodice :	6—12	1,4—1,45	0,7—0,75	portabile
	67,5— 120	13—18			de cameră
Aparate electronice cu tranzistoare	1,5 ; 3 ; 4,5 ;	3—9	1,5—1,55	0,85—0,95	miniaturizate
		6—30			portabile
	6 ; 9	16—70	1,45—1,55	0,75—0,85	de cameră

Caracteristicile electrice iniţiale, comportarea la depozitare şi omogenitatea calitativă a bateriilor sînt condiţionate de : calitatea şi omogenitatea materiilor prime, tehnologia de pregătire a depolarizanţilor şi a electroliţilor şi respectarea prescripţiilor de stocare.

În ceea ce priveşte calitatea clorurilor folosite se pun numai probleme de puritate şi astăzi sînt elaborate o serie de prescripţii aproape universal recunoscute, în baza cărora este asigurată calitatea produselor [4].

însă radical influenţată de calitatea acestor materiale.

Numai calitatea şi provenienţa bioxidului de mangan pot influenţa substanţial şi pot duce la modificarea forţei electromotoare şi a capacităţii iniţiale de energie debitată de un produs [10], [11].

Din punctul de vedere al reţetelor tehnologice, în privinţa electroliţilor, se remarcă tendinţa de a se evita soluţiile de cloruri agresive (chiar la procedee de coagulare la rece), *p*H-ul

uzitat fiind de $6 \pm 0{,}2$. În aceste condiții la ușoare modificări în concentrația de cloruri, de asemenea, nu se pot obține decît modificări puțin importante în valoarea caracteristicilor electrice ale produselor [12].

În această sumară trecere în revistă a parametrilor tehnologici mai importanți trebuie subliniată importanța covîrșitoare pe care o

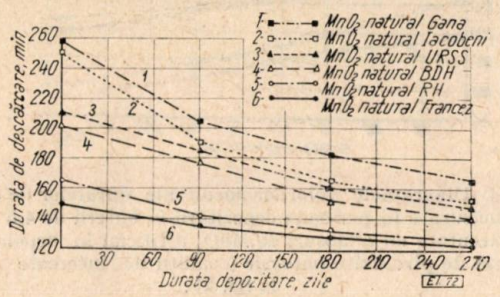


Fig. 2. Diagramele valorilor medii ale duratelor de descărcare la baterii de 4,5 V (3 R 12) executate cu diferite tipuri de bioxid de mangan natural, măsurate în perioada de depozitare. Bateriile comparate prin descărcare continuă pe 15 Ω la tensiune finală de 2,1 V:

1 – baterii executate cu MnO_2 natural Gana; *2* – baterii executate cu MnO_2 natural Iacobeni (R.P.R.); *3* – baterii executate cu MnO_2 natural U.R.S.S. (Ciatura); *4* – baterii executate cu MnO_2 natural livrat de Britisch Drougs Hause (BDH); *5* – baterii executate cu MnO_2 natural livrat de Riedel de Häen (RH); *6* – baterii executate cu MnO_2 natural importat din Franța.

Caracteristicile tehnice importante ale celor șase materiale naturale cu care au fost executate bateriile sînt indicate în tabela 2. Din această tabelă se observă că procentul de MnO_2 oxalic nu este un criteriu suficient de apreciere a unui material. Acesta trebuie asociat neapărat cu valoarea cifrei de activitate și cu datele lui structurale. În practică, valoarea electrică a bateriilor (capacitatea de curent) depinde de toți factorii menționați și este gradată în special după activitatea și structura MnO_2 utilizat.

La fabricarea bateriilor ale căror caracteristici au fost comparate în figura 2, cu excepția bioxidului de mangan, toți parametrii tehnologici au fost menținuți constanți, iar pentru depolarizanți s-a aplicat o rețetă clasică în care raportul C/MnO_2 avea valoarea 0,26.

În tabela 2 sînt indicate și caracteristicile pentru materiale de activitate mare obținute prin procedee chimice și electrochimice (A, B, C, D). Literatura de specialitate clasică face afirmația că bioxizii de mangan artificiali de activitate mare se pot include în depolarizanți numai ca adaosuri în procente moderate și indică utilizarea unor rețete în care raportul C/MnO_2 variază între 0,19 și

Tabela 2

Tipul de bioxid de mangan	Analiza chimică %			insolubil în HCl	Cifra de activitate	Date asupra structurii în raze Roentgen
	MnO_2 oxalic	Fe_2O_3 total	Fe solubil în electrolit			
Piroluzită naturală din Gana	86,3	1,59	lipsă	7,0	48,50	piroluzită slab cristalizată + criptomelan proporție mică
Piroluzită naturală, R.P.R. (Iacobeni)	70,56	14,10	< 0,05	5,36	70,20	ramsdelit + criptomelan foarte slab cristalizat
Piroluzită naturală, U.R.S.S. (Ciatura)	83,30	1,07	< 0,05	7,45	44,20	piroluzită slab cristalizată
Piroluzită naturală import BDH	83,15	3,73	< 0,05	8,95	40,80	piroluzită slab cristalizată
Piroluzită naturală import RH	88,59	1,64	< 0,05	7,11	26,50	piroluzită + criptom lan cristalizat
Piroluzită naturală import Franța	82,89	1,28	< 0,05	4,03	8,80	piroluzită bine cristalizată
MnO_2 activat GAP [14] (A)	83,48	0,8	lipsă	5,36	100	ramsdelit slab cristalizat
MnO_2 artificial Branz (B)	92,40	0,06	lipsă	0,04	100	ramsdelit foarte slab cristalizat
MnO_2 artificial, Tecosha (C)	93,24	0,02	lipsă	0,07	100	ramsdelit hexagonal foarte slab cristalizat
MnO_2 artificial, FCO (D)	90,45	0,04	lipsă	0,08	100	ramsdelit foarte slab cristalizat

are modificarea rețetelor tehnologice de depolarizanți (funcție de tipul de MnO_2 utilizat) asupra schimbării esențiale a performanțelor bateriilor [13].

Pentru demonstrarea faptului că proveniența și calitatea bioxidului de mangan sînt determinante asupra capacităților de curent și de energie debitate de baterii este suficient a urmări curbele din figura 2.

0,28, componentul principal fiind o piroluzită naturală. Ca argument se indică faptul că MnO_2 artificial și foarte activ utilizat singur furnizează tensiuni în sarcină și capacități inițiale de energie excepționale, dar fenomenul de autodescărcare a bateriilor este atît de accentuat încît produsele devin, practic, inutilizabile în timp prea scurt de la fabricație [15], [16], [17].

În figura 3 se arată durata de descărcare iniţială comparată a unor baterii executate cu cele patru materiale artificiale folosind aceeaşi reţetă de depolarizant cu raportul $C/MnO_2 = 0{,}26$.

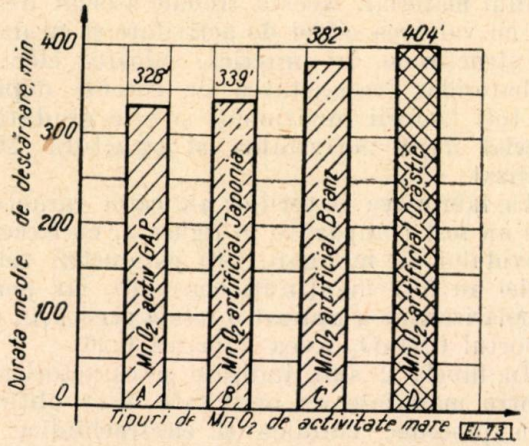


Fig. 3. Durata de descărcare iniţială a bateriilor de 4,5 V (3 R 12) executate cu patru tipuri de MnO_2 produse artificiale foarte active (condiţii de încercare arătate la fig. 2):

A – bioxid de mangan sovietic activat GAP (procedeul Marcov (14)); *B* – bioxid de mangan artificial importat de la firma N. Branz (R.F.G.); *C* – bioxid de mangan artificial importat din Japonia (Tecosha); *D* – bioxid de mangan artificial romînesc (F. C. Orăştie).

Din tabela 3 se vede valoarea iniţială de utilizare bună pe care o prezintă aceste materiale faţă de cele şase materiale naturale amintite anterior.

Urmărind diagramele reprezentate în figura 4 şi datele din tabela 4 se poate observa, că aplicînd recomandarea clasică de a include în depolarizanţi procente limitate de MnO_2 artificial (raportul C/MnO_2 păstrîndu-se la

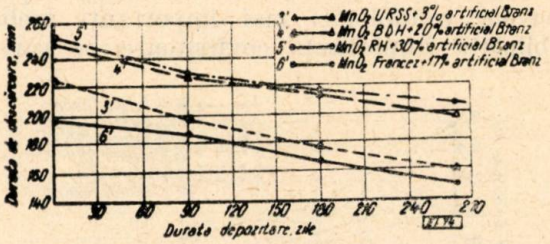


Fig. 4. Diagramele valorilor medii ale duratelor de descărcare măsurate în perioada depozitării la baterii de 4,5 V (3 R 12) executate cu adaosuri de MnO_2 artificial în depolarizanţi pe bază de piroluzite naturale (condiţii de încercare arătate la fig. 2):

3 – baterii executate cu MnO_2 natural U.R.S.S. (Ciatura) + 3% MnO_2 artificial Branz; *4* – baterii executate cu MnO_2 natural BDH + 20% MnO_2 artificial Branz; *5* – baterii executate cu MnO_2 natural RH + + 30% + MnO_2 artificial Branz; *6* – baterii executate cu MnO_2 natural (Franţa) + 17% MnO_2 artificial Branz.

aceeaşi valoare), se poate asigura o creştere a caracteristicilor iniţiale ale produselor, dar saltul calitativ necesar atingerii performanţelor celor mai apreciate produse cunoscute astăzi în lume nu se realizează (a se compara şi cu diagramele din figura 1).

Este evident, de asemenea, faptul că, pentru a atinge valori de utilizare apropiate ale

Tabela 3

Tipul de MnO_2 folosit în bateria 3 R 12	Natural, Franţa (6)	Natural, RH (5)	Natural, BDH (4)	Natural, U.R.S.S. (3)	Natural, R.P.R. Iacobeni (2)	Natural, Gana (1)	Activat GAP U.R.S.S. (A)	Artificial, Teosha (B) Japonia	Artificial Branz (R.F.G.) (C)	Artificial Orăştie (R.P.R.) (D)
Valoarea de utilizare, mAh/g MnO_2	33	42	50	51	62,5	63	85	92	108	116

Din diagramele prezentate în figura 2 s-a constatat o autodescărcare acceptabilă a produselor executate cu cele şase materiale naturale. Aceasta a fost de 15—20% în 180 zile şi de 25—30% în 270 zile. În cazul bateriilor executate cu cele patru materiale active A, B, C şi D , a căror comportare iniţială este arătată în figura 3, autodescărcarea a fost de 2—3 ori mai mare. Dintre acestea lotul de baterii cu comportarea cea mai bună, a fost cel executat cu MnO_2 artificial de la firma N. Branz (C) la care autodescărcarea s-a cifrat la circa 45% în 180 zile şi circa 60 la % în 270 zile.

Tabela 4

Tipuri de MnO_2 folosite în bateria 3 R 12	Natural Franţa + 17% artificial Branz (6)	Natural U.R.S.S. + 3% artificial Branz (3)	Natural BDH + 20% artificial Branz (4)	Natural RH + 30% artificial Branz (5)
Valoarea de utilizare mAh/gMnO_2	51	55	62,5	67,5

depolarizanţilor, este necesar ca adaosul de MnO_2 artificial să se facă în funcţie de activitatea piroluzitelor naturale.

Constatările exprimentale de tatonare, care au fost prezentate, au constituit punctul de plecare în studiile noastre în care am urmărit ca obiective principale stabilirea condiţiilor tehnologice pentru realizarea performanţelor celor mai apreciate produse pe scară mondială.

În cadrul cercetărilor un loc important l-au ocupat cunoaşterea şi caracterizarea completă a minereului de mangan romînesc şi stabilirea condiţiilor de utilizare în fabricaţie [18].

Etapele normale în experimentarea efectuată, pentru realizarea obiectivului propus, au fost următoarele:

— stabilirea criteriilor de caracterizare completă a diferitelor tipuri de bioxid de mangan şi experimentarea posibilităţii de modificare a caracteristicilor unui material;

— studiul influenței modificării raportului C/MnO_2 asupra activității depolarizanților și asupra caracteristicilor electrice ale produselor;

— studiul influenței creșterii adaosului de MnO_2 artificial asupra activității depolarizanților și asupra caracteristicilor electrice ale produselor;

— studiul influenței îmbogățirii în conținut de negru de fum a depolarizanților asupra caracteristicilor electrice ale produselor și asupra simplificării operațiilor tehnologice.

Date experimentale

a) În ceea ce privește stabilirea criteriilor de caracterizare a unui tip de bioxid de mangan, preocupările noastre au tins către stabilirea unei baze de comparație a materialelor, care să permită aprecierea lor înainte de a se face probe experimentale de baterii și a se determina caracteristicile electrice ale acestora. Se vede din compararea datelor din tabela 2 și a figurilor 2 și 3 că parametrii clasici (conținutul de MnO_2 și impuritățile solubile și insolubile) nu sînt suficienți pentru a explica de ce materiale cu compoziție chimică asemănătoare [Tabela 2: (1) (3) (4) (5) (6) și (7)] duc la o comportare electrică atît de diferențială a bateriilor fabricate și încercate în condiții identice. Se înțelege astfel de ce în literatura clasică [11], [15] se face precizarea că pentru a aprecia un tip de bioxid de mangan, în afara analizelor compoziției chimice și granulometrice, este absolut necesar să se execute loturi experimentale de baterii. Primele experimentări au fost axate pe stabilirea unei metode indirecte de apreciere a activității depolarizatoare a unui tip de bioxid de mangan. Dintre metodele care sînt încercate și discutate în literatura de specialitate, am adaptat procedeul de reducere cu sulfat de hidrazină în mediu amoniacal și măsurarea volumului de azot gazos degajat în intervale constante de timp [18].

Valorile cifrelor de activitate determinate din tabela 2 sînt într-o scară proporțională cu valorile trecute în tabela 3 și explică caracteristicile electrice măsurate la baterii și indicate în figura 2. Legat de variația cifrei de activitate a tipurilor diferite de MnO_2 analizate, pentru caracterizarea mai completă a materialelor, au fost executate analize calitative de structură în raze Roentgen *. Datele obținute în tabela 2 sînt în concordanță cu constatările generale comunicate în literatura de specialitate. Formele cele mai active în procesul de depolarizare sînt ramsdelita și criptomelanul, iar formei piroluzitice îi corespunde activitatea cea mai scăzută.

Gradul de cristalizare a materialelor influențează mult activitatea acestora, formele amorfe fiind cele mai active [19].

În paralel cu experimentarea modului în care cifra de activitate și structura diferitelor tipuri de MnO_2 se reflectă în caracteristicile electrice ale bateriilor, ne-au preocupat și posibilitatea de diminuare a activității unui material și modul cum se reflectă acesta în compoziția structurală.

Am ținut seamă de principiul experimentărilor efectuate de Brenet M.J. [20] cu diferite tipuri de MnO_2 și am supus minereul oxidic de mangan din țară (de la Iacobeni) cu conținut de MnO_2 de 70,56% și cifra de activitate de 70,20 cm^3 N_2 (normal) tratamentului termic corelat cu determinări de activitate și structură în raze X.

Tabela 5

Temperatura de încălzire, °C	sub 50°	200°	350°	500°	650°
Structură în raza X în ordinea preponderenței	— ramsdelit — criptomelan — piroluzită (puțin frecventă)	— ramsdelit — ciptomelan — piroluzită	— piroluzită — ramsdelit — criptomelan	— piroluzită — criptomelan — ramsdelit (puțin frecvent) Mn_2O_3 cubic	— Mn_2O_3 cubic — Mn_2O_3 piroluzită (puțin frecventă)

În tabela 5 și figura 5 se prezintă, sumar, principalele rezultate consemnate. Pînă la temperatura de 350°C, procentul de MnO_2 este stabil, în timp ce cifra de activitate scade mult chiar la o încălzire numai pînă la 200°C.

Îmbogățirea treptată a probelor în piroluzită inactivă și forme inactive de γMn_2O_3 și MnO_2 cubic se asociază diminuării cifrei de activitate.

Este important de semnalat sensibilitatea metodelor aplicate pentru determinarea activității depolarizatoare și structurii în raze Roentgen a materialelor.

b) La baza experimentărilor noastre pentru stabilirea modului cum influențează variația raportului C/MnO_2 caracteristicile produselor, avînd în vedere prudența recomandată de literatura de specialitate în privința procentului de MnO_2 de activitate mare care se înglobează în rețetele depolarizanților, a stat următorul raționament:

Cifra de activitate a tipului de MnO_2 fiind neobișnuit de mare, pentru a-l utiliza ca prin-

* Analizele de structură în raze Roentgen au fost executate, comparativ, la IFB de către tov. dr. *Grigorovici R.* și *Mănăilă R.*

cipal component al depolarizantului, este de așteptat ca rețetele clasice în care raportul C/MnO_2 variază între 0,19 și 0,28 [15] să nu

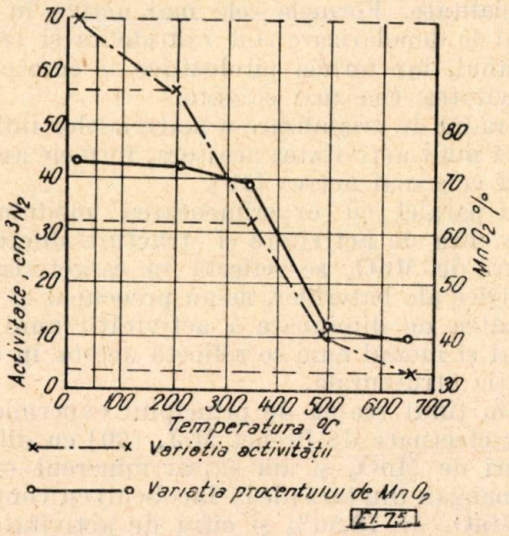


Fig. 5. Variația cifrei de activitate și a procentului de MnO_2 în funcție de temperatura de încălzire a minereului de oxizi de mangan Iacobeni (cu 70,56% MnO_2 și activitate 70,20 cm^3N_2).

mai corespundă. Dacă va crește însă procentul de carbon (grafit + negru de fum) în depolarizant și, în plus, se va folosi un grafit mai fin (pudră în loc de fulgi), facilitîndu-se astfel mascarea particulelor de MnO_2 într-un înveliș inactiv de carbon mai umectat, se vor produce următoarele efecte:

— se va micșora rezistența interioară a elementelor și aceasta va face să crească întrucîtva capacitatea lor de curent;

— se va atenua activitatea de depolarizare a particulelor de MnO_2, avînd ca urmare inerentă două efecte: un efect pozitiv în diminuarea fenomenului de autodescărcare și un efect negativ, în micșorarea capacității de curent inițiale a pilelor. S-a contat că în baza experimentărilor se va putea stabili o valoare convenabilă a raportului C/MnO_2, care să echilibreze favorabil cele două efecte.

Primele încercări s-au făcut cu cîteva loturi de minereu romînesc, naturale sau tratate suplimentar la F.C. Orăștie [21], al căror conținut de MnO_2 oxalic a variat între 64% și 77%, iar cifra lor de activitate, între 66 și 80 cm^3 N_2. În figura 6 se prezintă, în cazul unui minereu cu 70% MnO_2 și 76 cm^3 N_2 activitate, variația cifrei de activitate relativă * a depolarizanților și a caracteristicilor electrice inițiale ale unor loturi de baterii în funcție de variația raportului C/MnO_2 în depolarizant.

Creșterea raportului C/MnO_2 în depolarizantul executat cu minereul Iacobeni are o

*) Cifra de activitate relativă a depolarizantului a fost determinată, folosind o metodă adaptată după TGL 4463/1958.

serioasă influență pozitivă asupra diminuării fenomenului de autodescărcare la depozitare. Acesta se poate urmări în figura 7 unde sînt reprezentate diagramele a cinci loturi de baterii.

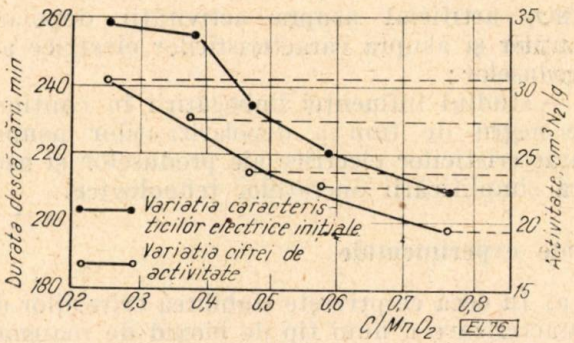


Fig. 6. Variația cifrei de activitate a depolarizanților și a caracteristicilor electrice inițiale ale bateriilor în funcție de variația raportului C/MnO_2, în depolarizant (descărcarea bateriilor 3 R 12 continuă pe rezistență de 15 Ω, la tensiune finală 2,1 V).

Rețeta de depolarizant bazată pe raportul $C/MnO_2 = 0,45$ a prezentat rezultatele cele mai convenabile în privința autodescărcării la depozitare, în raport cu caracteristicile electrice inițiale ale bateriilor.

Același lucru se vede și în figura 8, care conține diagramele a trei din cele cinci loturi de baterii încercate la descărcare intermitentă.

Succesul încercărilor descrise cu minereul romînesc (cifra de activitate 76 cm^3N_2) a determinat o serie de experimentări suplimentare folosind bioxid de mangan artificial impor-

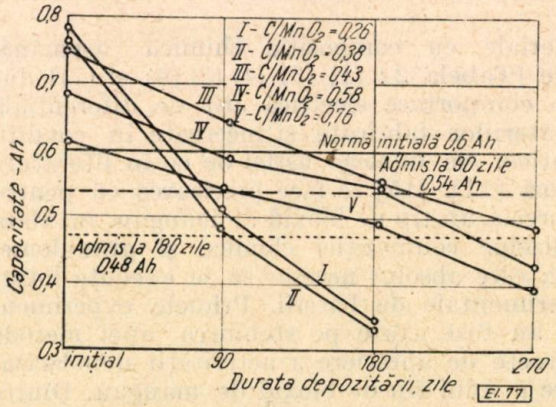


Fig. 7. Variația capacității de curent a bateriilor în timpul depozitării în funcție de modificarea raportului C/MnO_2 în depolarizant (condiții de încercare indicate în fig. 6):
I – $C/MnO_2 = 0,26$; *II* – $C/MnO_2 = 0,38$; *III* – $C/MnO_2 = 0,43$; *IV* – $C/MnO_2 = 0,58$; *V* – $C/MnO_2 = 0,76$.

tat de la firma Branz ($MnO_2 = 92,40\%$ activitate ~ 100). Intervalul de valori al raportului C/MnO_2, în încercările cu acest material, a fost restrîns între 0,185 și 0,342 pentru considerentele următoare: gradul avansat de puritate al materialului și interesul de a detalia partea superioară a curbei din figura 6, pentru

a încerca păstrarea proporțiilor de grafit și negru de fum în rețete (diferența de conținut în

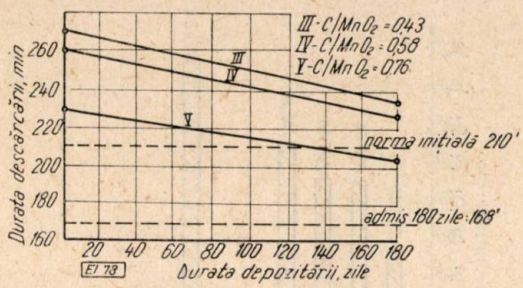


Fig. 8. Variația duratei de descărcare intermitentă a bateriilor în timpul depozitării în funcție de modificarea raportului C/MnO_2 în depolarizant (descărcarea bateriilor 3 R 12 — 10 min pe zi, 15 Ω la tensiunea finală de 2,25 V):
III — $C/MnO_2 = 0,43$; *IV* — $C/MnO_2 = 0,58$; *V* — $C/MnO_2 = 0,76$.

MnO_2: 92,4% față de 70% în cazul precedent, tabela 2).

Rezultatele bune analoge cazului precedent obținute în aceste încercări se pot urmări în diagramele figurilor 9, 10 și 11 unde se poate

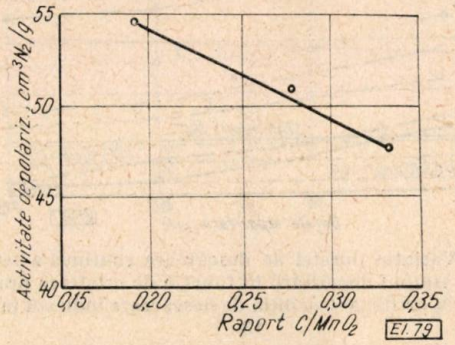


Fig. 9. Variația cifrei de activitate relativă a depolarizanților în funcție de variația raportului C/MnO_2 în depolarizanți executați cu MnO_2 artificial Branz (MnO_2 92,4% și activitate ~ 100 cm^3 N_2).

vedea cum se modifică activitatea relativă a depolarizantului, caracteristicile electrice inițiale și autodescărcarea la depozitare a bate-

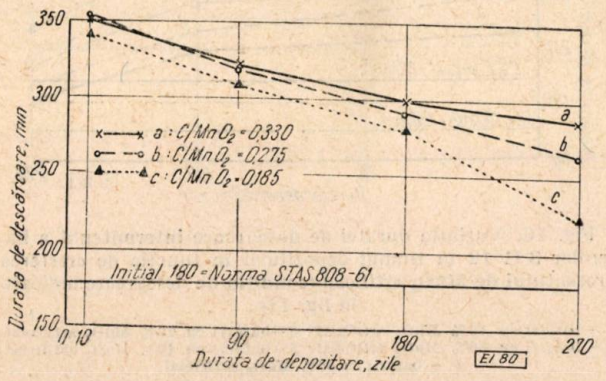


Fig. 10. Variația duratelor de descărcare continuă a bateriilor 3 R 12 în timpul depozitării în funcție de valoarea raportului C/MnO_2 în depolarizanți (descărcare pe 15 Ω până la tensiunea finală 2,1 V):
a — $C/MnO_2 = 0,33$; b — $C/MnO_2 = 0,275$; c — $C/MnO_2 = 0,185$.

riilor (descărcate continuu și intermitent în funcție de variația raportului C/MnO_2 în depolarizant).

Rețeta de depolarizant bazată pe raportul $C/MnO_2 = 0,33$ a dat rezultatele cele mai convenabile în privința autodescărcării la depozitare în raport cu caracteristicile electrice inițiale ale bateriilor.

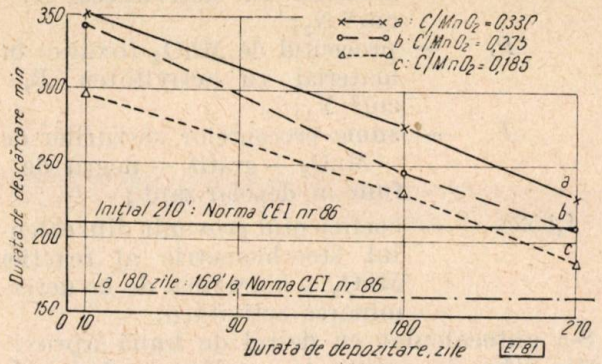


Fig. 11. Variația duratelor de descărcare intermitentă a bateriilor în timpul depozitării în funcție de valoarea raportului C/MnO_2 în depolarizanți (descărcare pe 15 Ω, 10 min pe zi până la tensiunea finală 2,25 V);
a — $C/MnO_2 = 0,33$; b — $C/MnO_2 = 0,275$; c — $C/MnO_2 = 0,185$.

Din experimentările prezentate reies următoarele concluzii:

— pentru utilizarea unui tip de MnO_2 cu activitate mare, ca principal component al depolarizanților, raportul C/MnO_2 trebuie crescut către valori mult mai mari decît cele recomandate de literatura clasică, de pildă: 0,33—0,45;

— alegerea raportului C/MnO_2 în depolarizant se face ținînd seamă de cifra de activitate, structura și puritatea tipului de MnO_2 cu activitate mare. Pentru materiale cu cifra de activitate 60—80 cm^2 N_2, activitatea relativă a depolarizanților se va cifra la ~ 25 cm^3 N_2/g, iar pentru cele de activitatea maximă ~ 100 cm^2N_2, la valoarea ~ 45 cm^2N_2/g.

c) Pentru a completa imaginea modului cum sînt influențate fenomenul de autodescărcare și caracteristicile electrice ale produselor prin folosirea tipurilor de MnO_2 artificial de activitate mare s-a făcut un studiu comparativ cu adaosuri de MnO_2 artificial Branz (tabela 2, poziția 8) în procente de 5 — 66% în depolarizanți executați cu MnO_2 natural import din U.R.S.S. (tabela 2, poziția 3). Raportul C/MnO_2 în depolarizanți s-a menținut în limită strînsă de la 0,342 pînă la 0,375 în concordanță cu cele rezultate din experimentările prezentate anterior. Procentele celorlalte componente menținîndu-se aproximativ constante s-a folosit formula stabilită experimental:

$$D = \frac{a \cdot P_a \cdot A + b \cdot P_b \cdot B}{1,5523 \cdot T \cdot 10^2},$$

în care :

D este activitatea specifică a depolarizantului, cm^3N_2/g ;

a — procentul de material cu activitatea A, cm^3N_2 ;

b — procentul de material cu activitatea B, cm^3N_2 ;

P_a — procentul de MnO_2 (oxalic) în material cu activitatea A, $cm^3\ N_2$;

P_b — procentul de MnO_2 (oxalic) în material cu activitatea B, $cm^3\ N_2$;

T — suma procentelor sorturilor de MnO_2 + grafit + negru de fum în depolarizant ;

1,5523 — coeficientul provenit din calculul stoechiometric al reacției MnO_2 și hidrazină, de la determinarea activității.

S-a antecalculat cu destul de bună aproximație cifra de activitate specifică a depolarizanților, fapt care este confirmat prin diagramele din figura 12.

Odată cu creșterea activității depolarizanților au crescut și caracteristicile electrice inițiale

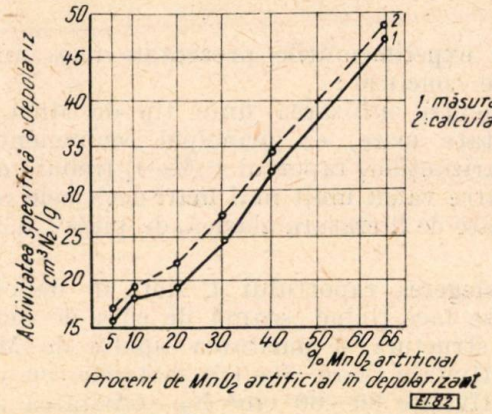


Fig. 12. Variația activității specifice a depolarizanților în funcție de creșterea procentului de MnO_2 artificial în amestec.

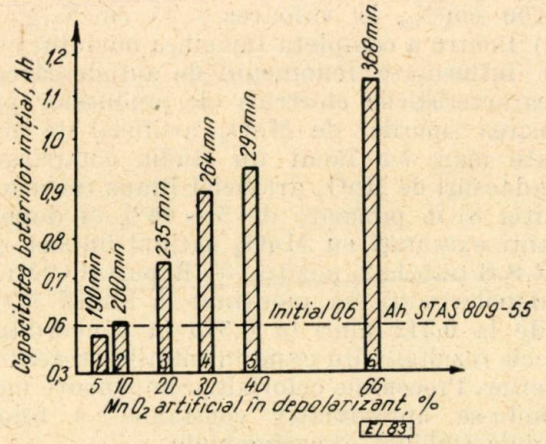


Fig. 13. Variația capacității inițiale de curent a bateriilor 3 R 12 în funcție de creșterea procentului de MnO_2 artificial în depolarizant (descărcare continuă a bateriilor pe rezistență de 15 Ω la tensiunea finală de 2,1 V.

ale bateriilor, așa cum se arată în diagramele din figurile 13 și 14.

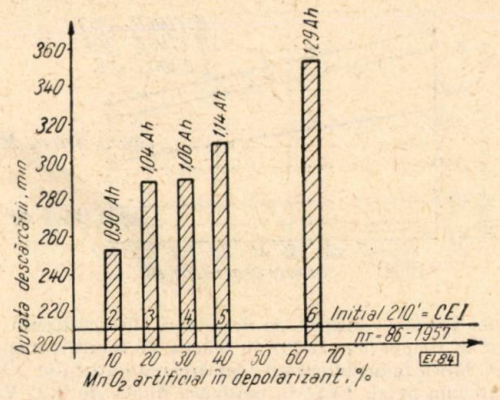


Fig. 14. Variația duratei inițiale de descărcare a bateriilor 3 R 12 în funcție de creșterea procentului de MnO_2 artificial în depolarizant (descărcarea intermitentă pe rezistență de 15 Ω, 10 min pe zi la tensiunea finală de 2,25 V.

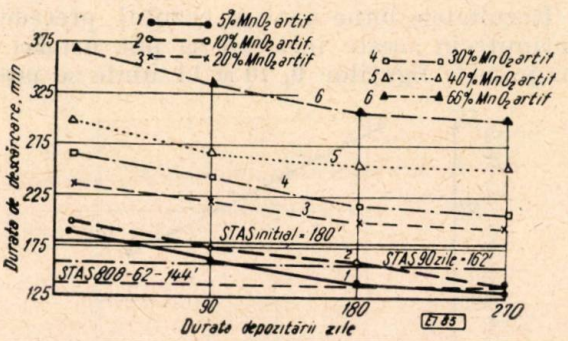


Fig. 15. Variația duratei de descărcare continuă a bateriilor 3 R 12 în timpul depozitării în funcție de creșterea procentului de MnO_2 artificial (condiția de descărcare indicată în figura 13 :

1 — baterii cu 5% MnO_2 artificial ; *2* — baterii cu 10% MnO_2 artificial ; *3* — baterii cu 20% MnO_2 artificial ; *4* — baterii cu 30% MnO_2 artificial ; *5* — baterii cu 40% MnO_2 artificial ; *6* — baterii cu 66% MnO_2 artificial.

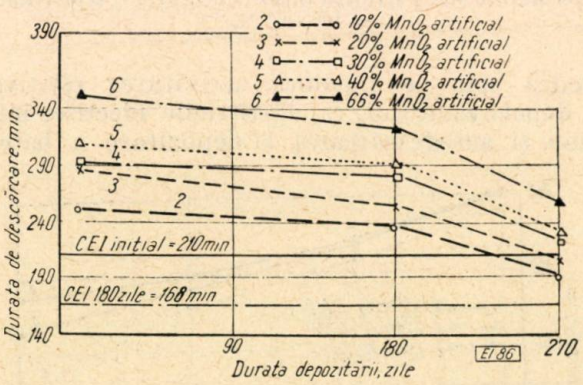


Fig. 16. Variația duratei de descărcare intermitentă a bateriilor 3 R 12 în timpul depozitării în funcție de creșterea procentului de MnO_2 artificial (condiția de descărcare indicată în fig. 14) :

2 — baterii cu 10% MnO_2 artificial ; *3* — baterii cu 20% MnO_2 artificial ; *4* — baterii cu 30% MnO_2 artificial ; *5* — baterii cu 40% MnO_2 artificial ; *6* — baterii cu 66% MnO_2 artificial.

Comportarea la depozitare, a bateriilor, în funcție de variația procentului de MnO_2 artificial, se poate urmări în diagramele figurilor 15 și 16 la descărcare continuă și intermitentă.

Concluziile ce se trag din experimentările prezentate sînt următoarele:

— bioxidul de mangan artificial poate fi component principal al depolarizanților în locul minereului natural și în acest caz performanțele produselor se ridică la 180—200%;

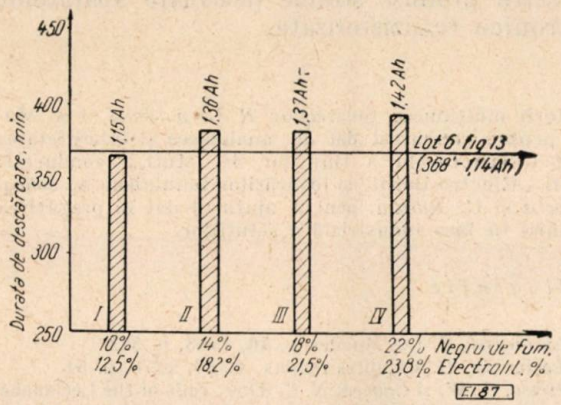


Fig. 17. Variația duratei inițiale de descărcare la baterii 3 R 12 executate cu același conținut de MnO_2 artificial (Branz) la care s-a variat conținutul de negru de fum în depolarizant și inerent umiditatea acestuia (descărcarea continuă pe rezistența = 15 Ω la tensiunea finală de 2,1 V).

— utilizînd rețete în care raportul C/MnO_2 este de ~ 0,35 se face constatarea importantă că autodescărcarea bateriilor se încadrează în procentele obișnuite de 7—8% în 90 de zile de depozitare, și de 15—18% în 180 zile de depozitare.

d) În sprijinul ideii care a fost amintită în primele rînduri (de a stabili condiții în care curbe de descărcare a bateriilor: $U = f(t)$ să se situeze pe un nivel cît mai ridicat), pentru a se obține de la produse capacități de energie cît mai mari, au fost executate încercări experimentale de a include în depolarizanți cantități mari de negru de fum. Respectînd valorile raportului C/MnO_2 care au fost

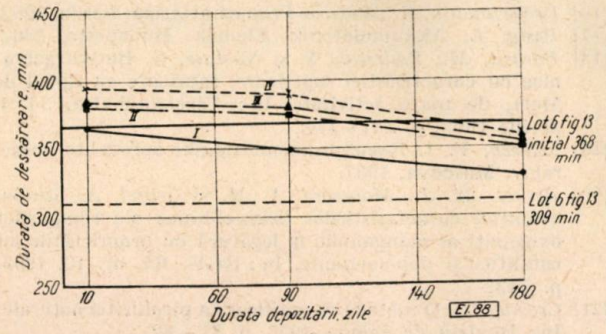


Fig. 18. Variația duratei de descărcare la perioada de depozitare la baterii 3 R 12 la care s-a variat conținutul de negru de fum în depolarizant (condiții de încercare indicate în fig. 17):
I — 10% negru de fum; *II* — 14% negru de fum; *III* — 18% negru de fum; *IV* — 22% negru de fum.

stabilite, includerea cantităților suplimentare de negru de fum nu se putea face decît dislocînd grafitul în rețete. Încercările de a elimina grafitul în depolarizanții executați cu bioxid de mangan din țară (Iacobeni) nu au dus la soluții tehnologice convenabile, eroziunea sculelor de presare întrecea limitele obișnuite datorită conținutului foarte ridicat de silice în minereu (tabela 2, poziția 2).

În schimb, aceste experimentări, în cazul folosirii MnO_2 artificial Branz ca principal component în depolarizant, au dus la rezultate interesante care învederează creșterea capacităților inițiale de curent prin înglobarea unei cantități suplimentare de oxigen absorbit și de electrolit de umezire așa cum se vede în figurile 17 și 18.

Deși rețeta *III* a prezentat caracteristici electrice inițiale mai moderate decît rețeta *IV*, a fost adoptată în fabricație, în special, pentru considerente de tehnologie (condiții de presare a depolarizanților mai avantajoase), cît și pentru o mai bună comportare la autodescărcare a produselor.

În afară de tipul de MnO_2 artificial Branz, rețeta *III* a fost reprodusă și cu MnO_2 artificial japonez (tabela 2, poziția 9) și cu MnO_2 artificial romînesc (Orăștie) (tabela 2, poziția 10), precum și cu bioxid de mangan G.A.P. (tabela 2, poziția 7).

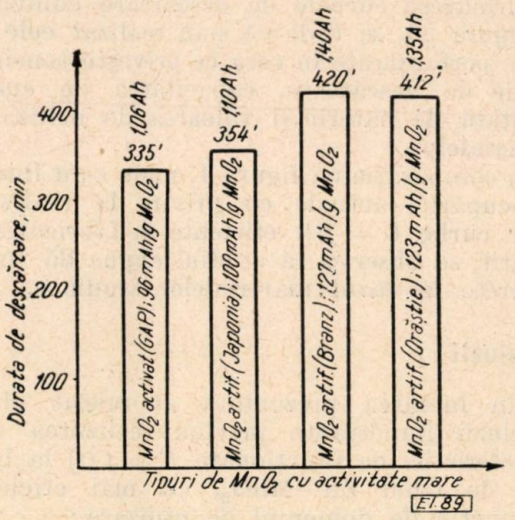


Fig. 19. Caracteristici electrice inițiale comparative obținute aplicînd rețeta *III* (fig. 18) la patru tipuri de MnO_2 de activitate mare; MnO_2 artificial import Branz, MnO_2 artificial Japonez; MnO_2 artificial Orăștie și minereu activat GAP (condițiile de încercare a bateriilor 3 R 12 indicate în fig. 17).

În figura 19 se pot urmări, comparativ, caracteristicile electrice inițiale ale loturilor de baterii executate cu aceste materiale.

Comportarea la depozitare a fost acceptabilă în toate cazurile și analogă loturilor de baterii discutate din figura 18.

Din aceste încercări se fac următoarele constatări:

— folosirea unor procente mari de negru de fum în locul grafitului, în cadrul acelorași valori ale raportului C/MnO_2 în depolarizant,

verifică ipoteza înglobării unei cantităţi suplimentare de oxigen, prin caracteristicile electrice superioare care se obţin;

— aplicabilitatea reţetei stabilite (*III*, figura 7) la materiale similare cu activitate mare este verificată experimental. Cu această reţetă, dacă

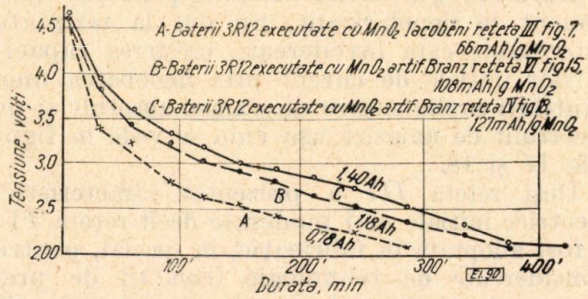


Fig. 20. Curbele valorilor medii ale tensiunilor de descărcare la baterii 3 R 12 executate cu:

MnO_2 Iacobeni, reţeta *III* (fig.7); MnO_2 artificial Branz, reţeta *6* (fig.15); MnO_2 artificial cu procent crescut de negru de fum reţeta *III* (fig.18)(condiţiile de încercare a bateriilor indicate în fig. 17).

se urmăresc curbele de descărcare comparate în figura 20, se vede că s-au realizat cele mai bune performanţe în ceea ce priveşte tensiunea medie de descărcare, capacitatea de energie debitată de baterii şi valoarea de utilizare a materialelor.

În comparaţie cu figura 1, unde s-au ilustrat preocupările actuale cu privire la realizarea unor curbe $U = f(t)$ eficiente în fabricaţie de baterii, se observă că studiul expus dă soluţii concrete în cazul materialelor studiate.

Concluzii

Din lucrarea prezentată au reieşit cîteva concluzii importante privind realizarea unor caracteristici de funcţionare $U = f(t)$ la bateriile de tipul $Zn-MnO_2$, cît mai eficiente, în funcţie de domeniul de utilizare:

— cifra de activitate şi structura în radiaţii Roentgen sînt criterii moderne absolut necesare pentru definirea unui tip de bioxid de mangan. Acestea sînt singurile care pot da indicaţii cu privire la caracteristica de funcţionare $U = f(t)$ a bateriilor ce se construiesc cu diferite tipuri de bioxid de mangan;

— limitele de variaţie a raportului C/MnO_2 în reţetele de depolarizant trebuie să fie calculate în funcţie de structura şi de cifra de activitate a tipurilor de MnO_2 folosite;

— pentru utilizarea unui bioxid de mangan cu cifră de activitate mare, ca principal component în depolarizanţi, valoarea raportului C/MnO_2 trebuie crescută către 0,34—0,43. Cifra de activitate specifică a unui depolarizant se poate antecalcula cu precizie suficientă şi valoarea ei dă indicaţii importante asupra caracteristicilor electrice ale produselor;

— performanţele ce s-au realizat utilizînd în fabricaţia de baterii tipuri de MnO_2 de mare activitate sînt asemănătoare cu ale celor mai apreciate produse străine destinate aparatelor electronice tranzistorizate.

*

Autorii mulţumesc tovarăşilor *R. Grigorovici* şi *A. Mănăilă* pentru concursul dat la analizarea şi interpretarea roentgenostructurală a tipurilor de MnO_2; conducerii fabricii „Electro-Banat" şi tovarăşilor tehnicieni *A. Bolog*, *M. Sociu* şi *C. Butum*, pentru ajutorul dat în pregătirea asimilării în faza industrială a soluţiilor.

Bibliografie

[1] *Leclanché, G.* Les Mondes, v. **16**, 1868, p. 532.
[2] *Leclanché, G.* Comptes rendus, v. **63**, 1876, p. 54.
[3] *Heise, G. W.* şi *Cahoon, N. C.* Dry cells of the Leclanche type. In Jour. of Electrochem. Soc., v. **99**, nr. 8, aug 1952, p. 179, C—187 C.
[4] TGL—4467—1958. Chimicale pentru tehnica bateriilor.
[5] TGL—4466—1958. Grafit pentru elemente galvanice.
[6] GOST—7478—1957. Grafit pentru elemente galvanice.
[7] TGL—4465—1958. Negru de fum de acetilenă pentru elemente galvanice.
[8] GOST—3640—47. Zinc — clasificare şi condiţii tehnice.
[9] *Drotschmann, C.* Some observations about the corrosion of zinc in ammonium chloride solution. In: Batteries, v. **17**, nr. 6 sept. 1963, p. 510.
[10] *Harnisch, H., Mehne, A.* Einfluss der Beschaffenheit von Braunstein auf den Entladevorgang in der Leclanche — Trockenzelle. In: ETZ—A, **84**, nr. 22, nov 1963, p. 723.
[11] *Huber, R.* Die Trokenbatterie Praxis und Theorie. München, 1958.
[12] *Gantman, S.* Unifikaţia reţeptur elektrolitov i past. Mehanizaţia i avtomatizaţia proizvodstvo himiceskih istornikov toke. Ţentralinoe Biuro-Tehniceskoi informaţii H.I.I. Moscova, Elektropromîslennosti, 1958.
[13] *Vosburg, W. C.* The Manganese Bioxide Electrode. In: Electrochem. Soc., v. **106**, nr. 9, sept 1959, p. 839.
[14] *Pozin, M. E.* Tehnologia sărurilor minerale. Bucureşti, Ed. tehnică, 1953.
[15] *Soceavnov, V. G.* Elemente galvanice. Bucureşti, Ed. energetică de stat, 1953.
[16] *Drotschmann, C.* Moderne Primarbatterien. Berlin, 1952.
[17] *Pesty, L.* Akkumulátorok, Elemek. Budapesta, 1962.
[18] *Barosu, M., Sudreşan, S.* şi *Năstase, C.* Baterii galvanice cu caracteristici superioare, fabricate cu tipuri de MnO_2 de mare activitate. In: Electrotehnica, 11 4, aprilie 1963, p. 141—149.
[19] *Miheev, V. I.* Roentghennometriceski opredelitel mineralov. Moscova, 1957.
[20] *Brenet, M. J., Moussard, A. M.* şi *Grund, A.* Studiul evoluţiei caracteristicilor fizico-chimice ale compuşilor oxigenaţi ai manganului în legătură cu proprietăţile lor catalitice şi depolarizante. În: RGE, **64**, nr. 10, 1955, p. 513.
[21] *Creangă, O.* O metodă de purificare a piroluzitei naturale. In: Revista de chimie, 1957, p. 31—32.
[22] *Drotschmann, C.* Beitrag zur Kenntnis der Depolarisationsvorgänge in Leclanché — Element. In: Batterien, vol. **14**, nr. 3, iun 1960.

Intrat în redacţie la 5.VIII.1964

Rolul coeficientului de eficacitate economică în calculul de optimizare a transformatoarelor și motoarelor electrice

Ion Ceacoveanu* — București

CZ 621.313.3 + 621.314.2.003.1

Introducerea tehnicii noi constituie condiția de bază a unei industrii moderne. Asigurarea unei productivități tot mai mari a utilajului de producție, reducerea prețului de cost al produselor fabricate, ridicarea calității produselor, reducerea fondurilor investite în utilaje și eliminarea eforturilor fizice ale muncitorilor trebuie să constituie criteriile principale ale alegerii și folosirii mijloacelor de producție.

Această analiză are scopul de a discuta, în mod critic, unele aspecte ale metodologiei de calcul al eficacității economice a tehnicii noi, utilizată astăzi în țara noastră.

Definiții și principii

Înainte de a analiza metodologia de calcul utilizată astăzi pentru determinarea eficienței economice a tehnicii noi și, în special, a transformatoarelor și motoarelor electrice, este util să facem o comparație a noțiunii de eficiență economică în sistemul economic socialist și cel capitalist.

În sistemul economic capitalist, capitalurile — indiferent ce formă îmbracă — sînt proprietate individuală. Una dintre legile de bază ale capitalismului o constituie tendința fugii capitalurilor spre acele activități care asigură un profit mărit în raport de alte activități, adică acolo unde profitul realizat în funcție de capitalul investit asigură un coeficient cît mai mare de rentabilitate. Acest coeficient de rentabilitate al capitalului investit are o mărime medie pe o țară capitalistă și mărimi diferențiale pe ramuri de activitate economică.

Spre deosebire de sistemul capitalist, în sistemul economic socialist investițiile de fonduri se fac după alte criterii. Aici se ține seamă de legea dezvoltării planice, proporționale a economiei naționale. Problema profitului fondului investit este substituită de probleme de economicitate și productivitate a utilajului sau instalației, în funcție de alte utilaje sau instalații analoge. Este vorba deci despre investirea fondurilor în utilajele cele mai bune, cele mai productive și cele mai ieftine în raport cu alte utilaje analoge. În socialism nu se pune problema dirijării fondurilor de investiții spre activitățile economice singulare sau spre ramuri de activități în care se realizează maximul de beneficii, în funcție de fondul investit, ci se pune problema dirijării fondurilor, în funcție de necesitățile reale de dezvoltare planificată și proporțională a economiei naționale, iar în cadrul activității economice respective, de a alege utilajele cele mai productive, cele mai economice și cele mai ieftine din mai multe variante. Această deosebire dintre capitalism și socialism este esențială și trebuie ținută în seamă la alegerea metodei de calcul tehnico-economic al investițiilor de fonduri.

În timp ce în capitalism eficiența economică a capitalului investit are semnificația profitului, raportat la volumul capitalului, în socialism noțiunea de eficacitate economică are semnificația de „economicitate", adică a diferenței dintre prețurile de cost ale produselor fabricate prin intermediul utilajului respectiv în diferite variante. În socialism, prin economicitate trebuie să înțelegem economia de muncă vie și trecută rezultată prin utilizarea unei variante de investiții, în raport cu altă variantă analogă, care este destinată producției de bunuri identice.

O altă deosebire esențială între sistemul economic capitalist și cel socialist, în ceea ce privește eficiența economică, există la modul cum se face desfacerea produselor fabricate. În capitalism prețul de vînzare a produselor se formează pe piață, în funcție de legea cererii și a ofertei, în socialism prețurile de vînzare ale produselor sînt fixate de stat. Efectul formării prețului pe piața capitalistă este acela al profiturilor maxime posibile, care nu pot fi îngrădite decît de concurență.

În socialism, prețurile de vînzare a produselor fabricate fiind fixe și conținînd un beneficiu stabilit în funcție de prețul de cost (și nu în funcție de fondurile investite, de 6—8% din prețul de cost), coeficientul de eficacitate al fondului investit nu are și nici nu poate avea un rol la dirijarea investițiilor de fonduri. În timp ce în capitalism profitul total este și o funcție a lui ($K.E.$), pentru a recupera capitalul investit în termenul cel mai scurt, în socialism beneficiul este o parte din valoarea produsului, reprezentînd produsul pentru societate (K = = fondul de investiție, E = coeficientul de eficacitate). În socialism, în prețul produsului nu poate fi conținut coeficientul de eficacitate al investițiilor, deoarece legalmente prețul nu poate fi grevat cu alte elemente de cost, decît costurile de producție și beneficiul legal reprezentînd produsul pentru societate.

În capitalism, existența produsului lui ($K.E.$) în prețul produselor are tendința ridicării prețului de vînzare pentru realizarea unui profit maxim. În socialism nu există profit. În socialism există tendința permanentă de scădere a

* *I. Ceacoveanu* este economist principal la I.C.P.E.

prețului de cost, creîndu-se astfel baza pentru reducerea prețurilor de vînzare a produselor în scopul creșterii nivelului de trai.

Scăderea prețului de cost este posibilă, în mare măsură, datorită introducerii tehnicii noi de mare productivitate.

Reducerea prețului de cost și, ca o consecință, și a prețului de vînzare, nu poate fi oprită în socialism datorită progresului tehnic, creșterii productivității etc.

Trebuie făcută o precizare în legătură cu noțiunea economicității fondului investit, privită prin prisma prețului de cost cel mai scăzut. Noțiunea prețului de cost conține și noțiunea eficacității fondurilor investite. Dacă prețul de cost al unui produs este cel mai scăzut, din mai multe variante de produse, aceasta înseamnă că fondurile investite în variantele de utilaje de producție sînt amortizate în egală măsură în toate variantele, iar produsul cu prețul de cost cel mai scăzut produce, în raport cu celelalte variante, o economie.

Rezultă deci că din mai multe variante de produse analoge, fondul de investiție va avea eficacitatea cea mai mare la acea variantă la care produsul fabricat va avea prețul de cost cel mai scăzut.

Înainte de a analiza metoda actuală de calcul al eficacității economice a tehnicii noi trebuie reamintită distincția care există între noțiunea de rentabilitate și noțiunea de economicitate. Un utilaj de producție poate fi rentabil, fără să fie economic, atunci cînd prețul de vînzare al produsului fabricat prin intermediul utilajului respectiv este mai mare decît prețul de cost al produsului. Invers, un utilaj de producție poate fi economic, fără să fie rentabil, atunci cînd prețul de vînzare al produsului fabricat prin intermediul utilajului respectiv este sub nivelul prețului de cost al produsului fabricat.

Trebuie reținută, de asemenea, ideea că optimizarea unui utilaj de producție înseamnă determinarea economicității sale, adică a variantei celei mai economice în procesul de producție, și nu înseamnă determinarea rentabilității utilajului respectiv, în funcție de prețul de vînzare a produselor obținute prin intermediul acelui utilaj. Dacă s-ar accepta ideea că optimizarea unui utilaj de producție trebuie făcută în funcție de rentabilitatea (financiară) rezultată din beneficiile obținute prin vînzarea produselor fabricate de utilajul respectiv, atunci trebuie acceptată și ideea că economicitatea utilajului crește în funcție de creșterea prețului de vînzare a produselor fabricate și scade o dată cu scăderea acestui preț de vînzare; deci, în această postură utilajul devine eficace sau neeficace din punct de vedere economic, în funcție de prețul de vînzare a produselor fabricate. Acest fenomen se întîmplă în capitalism prin includerea în prețul de vînzare a produsului *I.E.* Acest punct de vedere nu corespunde, desigur, scopului calculului de alegere a variantelor de utilaje în sistemul economic socialist, deoarece scopul urmărit este acela de a alege acea variantă de utilaj din mai multe, care în procesul de producție industrial are costurile de producție cele mai scăzute și o productivitate mărită. Economicitatea, eficacitatea economică a unui utilaj este deci un rezultat al modificării procesului de producție, al costurilor de exploatare (al pierderilor), al micșorării reale a acestor costuri, al creșterii productivității și nu este consecința unei operații financiare a beneficiului care, în această situație, nu are nimic comun cu eficacitatea comparativă propriu-zisă a variantelor de utilaje.

Metoda de calcul utilizat în țara noastră

În acest articol se va încerca analizarea, în mod critic, a metodei de calcul al eficacității economice a transformatoarelor și motoarelor electrice, utilizată astăzi în țara noastră. Această metodă de calcul este bazată pe costurile anuale de calcul și este folosită în cazurile în care, la variantele comparate, valoarea investițiilor și a costurilor de exploatare nu are un sens identic de creștere sau descreștere, adică în timp ce la prima variantă investiția este mai mică ($K_1 < K_2$), la varianta a doua, costurile de exploatare sînt mai mici ($Ce_2 < Ce_1$).

Formula principială a costurilor anuale de calcul utilizată la aprecierea economică a variantelor de transformatoare și motoare este următoarea [1], [2]:

$$C_a = K.\ (E + a) + C,\ \text{minimum}, \qquad (1)$$

unde:

C_a sînt costuri de calcul, lei;
K — valoarea investițiilor, lei (al transformatorului sau motorului);
E — coeficientul de eficacitate economică, normat;
a — coeficientul anual de amortizare;
C — costurile anuale ale pierderilor în transformatoare, lei (costuri de producție sau exploatare, fără amortizări).

Coeficientul de eficacitate economică este derivat din termenul de recuperare a investițiilor suplimentare și este inversul său, astfel:

$$\frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} = \frac{\Delta K}{\Delta C} = T_r,\ \text{iar}\ \frac{1}{T_n} = E, \qquad (2)$$

unde:

ΔK sînt investiții suplimentare, lei;
ΔC — economii la preț de cost, lei;
T_r — termen de recuperare a investițiilor suplimentare, ani;
T_n — termen de recuperare a investițiilor suplimentare, normat.

Metoda termenului de recuperare raportează economiile realizate prin reducerea prețului de cost la valoarea investițiilor suplimentare, iar cu cît timpul în care economiile realizabile vor acoperi investițiile suplimentare este mai scurt, cu atît eficacitatea economică a tehnicii respective este considerată mai mare.

Aprecierea eficacității economice a tehnicii noi, după formula termenului de recuperare, se face comparînd termenul de recuperare calculat cu termenul de recuperare normat sau acceptat ca eficace T_n. Astfel, dacă $T_r < T_n$, soluția propusă este considerată eficace și poate fi acceptată.

Aprecierea eficacității economice a variantelor de investiții după formula costurilor anuale de calcul (1) se face comparînd la diferite variante mărimea lui Ca. Varianta care are pe Ca cel mai scăzut este considerată varianta cea mai eficace din punct de vedere economic.

Atît metoda termenului de recuperare, cît și aceea a costurilor anuale de calcul sînt utilizate pe scară largă în țara noastră. În principiu, aceste două metode hotărăsc alegerea variantelor de aplicare a tehnicii noi, atunci cînd există situația de $K_2 > K_1$ și $C_1 < C_2$. În sectorul energetic se calculează cu un $T_n = 10$ ani sau $E = 0{,}10$; în sectorul electrotehnic se lucrează cu un $T_n = 5 - 8$ ani sau $E = 0{,}2 - 0{,}125$; în sectorul tehnologiei construcțiilor de mașini electrotehnice se lucrează cu un $T_n = 5$ ani sau $E - 0{,}2$ etc.

Pornind de la formula termenului de recuperare a investițiilor suplimentare și a costurilor anuale de calcul, metodologia optimizării transformatoarelor și motoarelor electrice folosită astăzi la noi în țară a fost elaborată de prof. Grudinski [1] și prof. Popov [2]. Pentru calcularea costurilor anuale de calcul al transformatoarelor, după metodologia menționată, se utilizează următoarele formule:

$$Ca = C_t + C_{po} + C_{pk} + C_{pm}, \tag{3}$$

unde:

- Ca sînt costuri totale anuale de calcul al transformatorului, lei;
- C_t — costul anual al transformatorului, lei;
- C_{po} — valoarea anuală a pierderilor de mers în gol, lei;
- C_{pk} — valoarea anuală a pierderilor în scurtcircuit, lei;
- C_{pm} — valoarea anuală a puterii de magnetizare, echivalentă cu costul compensării acestei puteri reactive timp de un an, lei.

Pentru obținerea valorilor indicate se utilizează următoarele formule:

$$C_t = K_t(E + a), \tag{3.1}$$

$$C_{po} = P_0 [K_s(E + a) + T.c], \tag{3.2}$$

$$C_{pk} = P_k [K_s(E + a) \cdot K_M + \tau_e]. \left(\frac{SM}{SN}\right)^2; \tag{3.3}$$

$$C_{pm} = Q_m [K_c (E + a) + K_s (E + a). P_c + T.c.P_c], \tag{3.4}$$

unde:

- K_t este prețul de achiziție al transformatorului, lei;
- E — coeficientul de eficacitate a investițiilor;
- a — cota de amortizare normată pentru transformatoare;
- P_0 — pierderi în gol ale transformatorului, kW;
- K_s — investiții în centrală și rețea pentru 1 kW furnizat;
- T — durata de conectare la rețea, h/an;
- c — costul combustibilului, lei/kWh;
- P_k — pierderi în înfășurări la puterea nominală, kW;
- K_M — factorul de simultaneitate a puterii maxime absorbite de transformator cu putere maximă în sistem;
- τ — durata pierderilor în înfășurări la puterea maximă, h/an;
- $\left(\frac{SM}{SN}\right)^2$ — sarcina maximă relativă, raportul dintre puterea maximă absorbită de transformator și puterea sa nominală;
- Q_m — puterea de magnetizare, kVAr;
- K_c — investiții pentru instalația a 1 kVAr condensator, lei/kVAr;
- P_c — pierderile specifice în condensatoare, kW/kVAr.

Nu se analizează în ce măsură valoarea cifrelor utilizate în formelele (3.1) (3.2) (3.3) și (3.4) pot fi apropiate de realitate. Elementele statistice conținute în termenii (K_s, P_c, K_c) pot determina, în cazul neconcordanței cifrelor statistice cu realitatea, o modificare a valorilor finale ale costurilor anuale de calcul, schimbînd raportul mărimilor comparate.

În ceea ce privește construcția formulelor (3.1) (3.2) (3.3) și 3.4), elaborate de prof. Grudinski și prof. Popov, după părerea autorului analizei acestea conțin mai multe principii discutabile, care pot duce la alegerea unei variante neeconomice de transformator sau motor.

Aceste principii sînt sintetizate în continuare.

a) Includerea în formulele (3.1) (3.2) (3.3) și (3.4) a coeficientului de eficacitate economică normată. Costurile anuale de exploatare (de producție) a transformatoarelor în sistemul economic socialist sînt sintetizate prin formula:

$$Ce = K.a + C, \tag{4}$$

unde :

Ce sînt costuri anuale de exploatare (de producție), lei ;
K — valoarea investițiilor totale, lei ;
a — coeficientul de amortizare a investițiilor totale ;
C — costul pierderilor anuale (costuri de exploatare, exclusiv amortizarea), lei.

Formula (3) a costurilor anuale de calcul, pe lîngă termenii formulei (4), mai conține termenul E prin care își mărește suma costurilor, îndepărtîndu-se de suma costurilor anuale de exploatare din formula (4). Creșterea sumelor valorilor formulei (3), pentru fiecare variantă calculată, nu se face în mod proporțional, așa încît valorile Ca din formula (3) a variantelor calculate își modifică raporturile de valori, avînd alte raporturi decît ale sumelor rezultate prin utilizarea în calcul a formulei (3) sau a unei alte mărimi a lui E. Altfel exprimat, aceasta înseamnă că varianta cea mai eficientă de transformator calculat după formula (3) la o anumită mărime a lui E poate să devină neeconomică, dacă se modifică mărimea lui E.

Datorită faptului că, în componența costurilor anuale de calcul formula (3), cotele de amortizare a valorii investițiilor a sînt conținute, E reprezintă un element în afara cheltuielilor reale de exploatare. Mărimea lui E fiind egală cu inversul termenului de recuperare normat al investițiilor și fiind aplicată asupra valorii investițiilor constituie un supliment de costuri nereale, calculatorice, fictive. Acest supliment de costuri fictive, adăugat variantelor de investiții comparate, are ca rezultat modificarea atît a valorilor totale ale costurilor anuale de calcul al variantelor cercetate, cît și a raporturilor lor valorice.

Pentru a putea determina în mod corect avantajele economice ale unei variante de transformatoare, în raport cu altă variantă din formula de calcul al eficacității, trebuie exclus termenul E, deoarece prin menținerea lui — sub forma oricărei mărimi — are drept consecință posibilitatea alegerii nejudicioase a unei variante.

Este cazul să se arate încă un aspect negativ al utilizării lui E în formula de calcul. Din punct de vedere economic, grevarea costurilor efective de exploatare cu o valoare rezultată din produsul lui K și E are semnificația creșterii costurilor de exploatare a transformatoarelor. Prin creșterea costurilor de exploatare reale cu produsul $K.E$ raporturile valorice ale variantelor se modifică. În ipoteza grevării reale a costurilor de exploatare cu produsul lui $K.E.$ va fi considerată cea mai economică acea variantă care va avea costurile totale recalculate (cu $K.E.$) cele mai scăzute însă numai în cazul în care suma costurilor anuale de calcul constituie baza de vînzare a produsului respectiv, deci în cazul în care, prin vînzare, pe lîngă costurile efective de exploatare și beneficiu legal, producătorul va încasa prin vînzarea produselor fabricate cu utilajul respectiv și valoarea sumei rezultate din $K.E.$ Într-un asemenea caz însă calculul făcut exprimă rentabilitatea (financiară) a utilajului respectiv și nu exprimă economicitatea sau eficiența economică a utilajului în procesul de producție.

Costurile anuale de calcul, în fapt, determină nivelul necesar al prețului de vînzare a produselor fabricate, în ipoteza unui coeficient de beneficiu prestabilit (adică $K.E.$) în funcție de valoarea fondului investit. Nerealizarea prețului de vînzare, determinat prin costurile anuale de calcul, adică neincluderea produsului $K.E.$ în preț, elimină rostul acestui calcul.

Produsul lui $K.E.$ nu poate și nici nu constituie un element al prețului de cost sau de vînzare al produsului rezultat în sistemul economic socialist, iar producătorul nu-l încasează prin vînzarea produsului. Costurile anuale de calcul din formula (3) sînt valori în afara vieții economice reale a sistemului economic socialist și, ca atare, nu pot fi utilizate în aprecierea comparativă a transformatoarelor.

Pentru a ilustra în ce măsură influențează E-ul asupra valorii finale a lui Ca din formula (3) în tabela 1 au fost calculate 9 variante de investiții cu diferite valori ale lui E.

În tabela 1, C, coloana 4 (costurile de exploatare în cazul transformatoarelor, valoarea totală a pierderilor) nu cuprinde pe a, coeficientul de amortizare a transformatoarelor. Cheltuielile reale efective de exploatare a celor 9 variante de investiții din tabela 1 sînt valorile date în coloana 5, deoarece aceste valori reprezintă costurile efective de exploatare din coloana 3, inclusiv valoarea cotelor de amortizare, calculate cu coeficientul 0,07 din coloana 4 ($44 + 300 \times 0{,}07$) ($46 + 280 \times 0{,}07$) : ($50 + 260 \times 0{,}07$ etc.). Putem considera valorile din coloana 5 drept prețul de cost efectiv al costurilor de exploatare. În coloana 5, varianta I de investiție este cea mai favorabilă din punctul de vedere al prețului de cost, avînd costurile cele mai mici. În această coloană varianta a II-a este mai puțin favorabilă decît varianta I, iar varianta a III-a este și mai puțin favorabilă. În coloana 7, cu un $E = 0{,}125$ sau $T_n = 8$ ani, valorile variantelor de investiții sînt modificate. Aici varianta cea mai favorabilă este a II-a, care în coloana 5 avea o valoare între varianta I și a III-a. În coloana 9, cu $E = 0{,}2$ sau $T_n = 5$ ani, varianta a III-a este cea mai favorabilă, iar varianta a IX-a este cea mai nefavorabilă. Prin urmare, dacă se utilizează în calculele transformatoarelor un $E = 0{,}2$ corespunzător lui $T_n = 5$ ani, atunci varianta a III-a a costurilor anuale de calcul este cea mai avantajoasă, cu toate că are cos-

turile efective de exploatare mai mari decît variantele I—II (în coloana 5).

Din tabela 1 rezultă în mod clar că schimbarea mărimii lui E are consecinţă asupra raporturilor de valori ale variantelor comparate şi, în consecinţă, poate fi aleasă o variantă care are costurile de exploatare efective mai mari, cu toate că are costurile anuale de calcul cele mai mici.

Din tabela 1 rezultă că, după metoda costurilor anuale de calcul, metodă utilizată şi în calculul de optimizare economică a transformatoarelor [1], [2], valoarea minimă a costurilor, considerată optimă, din mai multe variante de investiţii (în cazul în speţă, transformatoare), este o funcţie a coeficientului de recuperare a investiţiilor suplimentare E. Consecinţa metodei este că, alegînd o variantă optimă la un E dat, se poate alege transformatorul cel mai neeconomic sau mai puţin economic din punctul de vedere al preţului de cost şi care, în loc să genereze economii în raport cu altă variantă, determină pierderi pentru economia naţională. În exemplul dat în tabela 1, alegînd varianta a III-a ca cea mai favorabilă cu un $E = 0{,}2$ şi avînd costuri de calcul anuale de 120 lei (cea mai mică valoare în raport cu celelalte variante) se va alege un transformator mai scump, în exploatare mai nefavorabil din punct de vedere economic, avînd costurile anuale efective mai mari în valoare de 68 lei, în timp ce la varianta I aceste costuri reprezintă 65 lei.

Tabela 1

Nr. variantelor	K = fondul de investiţii	$a = 0{,}07$ cota de amortizare	Costuri de exploatare fără a (pierderi)	Ce = costuri anuale de exploatare $K.a + C$	Costuri anuale de calcul $Ca = K(E + a) + C$, pentru diferite valori ale lui E					
					$T_n = 10$ ani $E = 0{,}1$ $a = 0{,}07$	$T_n = 8$ ani $E = 0{,}125$ $a = 0{,}07$	$T_n = 6$ ani $E = 0{,}166$ $a = 0{,}07$	$T_n = 5$ ani $E = 0{,}2$ $a = 0{,}07$	$T_n = 2$ ani $E = 0{,}5$ $a = 0{,}07$	$T_n = 1$ an $E = 1$ $a = 0{,}07$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	300	21	44	65	95	102,5	114,8	125	215	365
II	280	19,6	46	65,6	93,60	100,6	112,08	121,6	205,6	345,6
III	260	18,2	50	68,2	94,2	100,7	111,36	120,2	198,2	328,2
IV	250	17,5	72	89,5	114,5	120,75	131	139,5	214,5	339,5
V	230	16,1	74	90,1	113,1	118,85	128,28	136,1	205,1	320,1
VI	210	14,7	83	97,7	118,7	123,95	132,56	138,7	202,7	307,7
VII	208	14,56	84	98,56	119,36	124,56	133,08	140,16	202,56	306,56
VIII	205	14,35	87	101,35	121,85	126,97	135,38	142,35	203,85	306,35
IX	200	14	93	107	127	132	140,02	147	207	307

Trebuie reamintit că, atît pentru beneficiar, cît şi pentru economia naţională, transformatorul cel mai avantajos este acela care are costurile efective de exploatare cele mai scăzute.

Problema costurilor anuale de calcul, privită prin prisma preţului de cost şi al preţului de vînzare — în cadrul sistemului economic socialist — vom avea următoarea situaţie. În ipoteza unui cost anual de calcul întocmit cu un $E = 0{,}2$ şi $E = 1$, adică un $T_n = 5$ ani, respectiv un an, comparat cu preţul de cost efectiv, valorile vor prezenta cifrele menţionate în tabela 2.

Tabela 2

Varianta	K	Preţ de cost $\frac{K}{n} + C$	$Tn = 5$ $E = 0{,}2$ costul de calcul	Diferenţă coloana 4 — coloana 3	Coloana 5 / Coloana 3	$Tn = 1$ $En = 1$ costul de calcul	Diferenţă coloana 9 — coloana 3	Coloana 10 / Coloana 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	300	65	125	60	93 %	365	300	460 %
II	280	65,6	121,6	56	86 %	345,6	280	425 %
III	260	68,2	120,2	51,8	76 %	328,2	260	380 %

În tabela 2, coloana 6, rezultă că la un coeficient $E_n = 0{,}2$, prețul de cost efectiv al variantei I trebuie grevat cu 60 lei egal cu 93% din prețul de cost; la varianta a II-a grevarea prețului de cost trebuie făcută cu 56 lei sau 86%, iar la varianta a III-a grevarea trebuie făcută cu 51,8 lei sau 76%. Numai în ipoteza grevării prețului de cost cu valorile indicate în coloana 6 costurile anuale de calcul din coloana 4 pot să constituie o bază de apreciere a rentabilității (financiare) economice a variantelor analizate.

În ipoteza de calcul cu $E_n = 1$ (frecvent în automatizări), la varianta I prețul de cost de 65 lei trebuie grevat cu încă 300 lei, adică cu 460%; în varianta a II-a grevarea reprezintă 280 lei sau 425% din prețul de cost, iar în varianta a III-a, 260 lei sau 380% din prețul de cost.

În economia socialistă, prețul de cost sau de vînzare neputînd fi grevat cu valorile rezultate din $K.E$, costurile anuale de calcul constituie valori de calcul teoretice, fără nici o legătură cu realitatea economică și deci nu pot constitui un criteriu de apreciere a eficacității economice a utilajelor de producție. Principiul costurilor de calcul anuale, care stă la baza construcției formulei (3) a prof. Grudinski și prof. Popov, conținea ideea abaterii prețului produselor de la valoarea lor prin includerea în preț a lui $K.E$ excluzînd în același timp principiul socialist, al fixării prețului, în funcție de munca social-mente necesară pentru producerea produsului respectiv.

Din cele anterioare rezultă că în formulele de calcul ale transformatoarelor, prezența lui E, coeficientul de recuperare a investițiilor suplimentare, are drept consecință obținerea unei sume care:

— nu exprimă costurile reale de exploatare a transformatoarelor;

— schimbă raportul sumelor rezultate din calculul formulelor, în funcție de mărimea lui E;

— în funcție de mărimea lui E, variantele de transformatoare își schimbă eficiența economică comparativă, astfel: varianta cea mai eficientă la o anumită mărime a lui E poate să devină neeconomică după ce se modifică mărimea lui E (tabela 1);

— eficiența economică calculată pe baza formulei (3) nu poate fi realizată, deoarece produsul lui $K.E$ nu poate fi inclus în prețul de cost sau în prețul de vînzare a produselor sau utilităților realizate;

— valoarea lui Ca din formula (3) conține de două ori valoarea fondurilor investite: o dată în cotele de amortizare și a doua oară în produsul lui $K.E$.

În concluzie, ideea de bază conținută în formulele prof. Grudinski și prof. Popov de a include produsul lui $K.E$ în costurile anuale de calcul trebuie revizuită. Numai prin eliminarea lui E din toți membrii formulei se va obține o valoare a lui Ca utilă și comparabilă, cuprinzînd costurile efective de exploatare a transformatoarelor.

b) A doua idee în construcția formulei (3) este aceea de a utiliza pentru valoarea lui K prețul de achiziție a transformatorului fără a lua în considerare cheltuielile de investiții necesare pentru transportul, amplasarea și punerea în funcțiune a transformatorului.

Pentru valoarea lui Kt, prof. Grudinski atribuie prețul de achiziție a transformatorului [1], iar prof. Popov, prețul de cost al părții active a transformatorului [2].

Considerăm că valoarea care trebuie utilizată pentru Kt urmează să reprezinte următoarele:

$$Kt = Mc + tr + mo + pf, \qquad (5)$$

unde:

Kt sînt investițiile totale;
Mc — prețul de achiziție total al transformatorului, lei;
tr — transportul transformatorului de la producător la beneficiar, lei;
mo — cheltuielile cu montarea transformatorului (cameră, canale etc.), lei;
pf — cheltuielile cu punerea în funcțiune, lei.

Kt reprezintă valoarea tuturor fondurilor de investiții necesare pentru producția și punerea în situația de funcționare a transformatorului. Kt reprezintă deci totalul investițiilor de fonduri care urmează să fie amortizate în funcție de durata de viață a transformatorului în exploatare. Trebuie amintit că valoarea lui mo din formula (5) poate reprezenta pînă la 10% și, eventual, mai mult din valoarea de achiziție a transformatorului.

c) În formulele (3.2), (3.3) și (3.4) este conținută și ideea că prețul kWh pentru stabilirea pierderilor în transformator sau motor trebuie calculat în mod indirect și diferențiat, pornind de la valoarea investițiilor în centrală și rețele și de la costurile combustibilului pentru producerea energiei. În legătură cu aceasta sînt de remarcat următoarele.

În formula (3.3) P_k reprezintă o mărime fizică, kW, care urmează să fie transformată în valori economice. Mărimea lui P_k este calculată la puterea nominală a transformatorului și este dată ca atare.

Ținînd seamă de faptul că transformatorul, în timpul funcționării de un an, nu absoarbe în permanență energie de la rețea la puterea sa nominală, în formula (3.3) au fost introduși doi factori determinați pe baze statistice, care modifică valoarea lui P_k în funcție de sarcina maximă relativă $\left(\frac{SM}{SN}\right)^2$ și de coeficientul de simultaneitate a puterii maxime absorbită de transformator cu puterea maximă în sistem K_M. Funcția celor doi factori introduși în formula (3.3) trebuie în fapt să fie aceea de a corecta valoarea lui P_k, calculată la puterea nominală a transformatorului, în timp ce în formula (3.3), factorul K_M acționează asupra valorii investițiilor în centrală.

Ceilalți termeni ai formulei (3.3) și anume : $K_s \cdot (E + a) + \tau \cdot e$ au rostul să determine prețul de cost al kWh, astfel încît cu ajutorul său să se poată atribui termenului P_k — exprimat în kW — o valoare economică reprezentînd valoarea pierderilor variabile.

Datorită plasării nejuste a factorului K_M în formula (3.3) și a faptului că termenii T și τ din formulele (3.2) și (3.3) nu sînt de mărimi egale, prețul de cost al energiei pierdute, calculată pe baza acestor formule, are valori diferite la pierderile în gol (formula 3.2) și la pierderile în scurtcircuit (formula 3.3). După conținutul formulelor (3.2), (3.3) și (3.4) costul kWh luat în calculul de optimizare, variază în funcție de timpul de conectare sau de timpul de mers în sarcină a transformatorului. Desigur că utilizarea prețului diferit al kWh la pierderi în mers în gol și la mers în sarcină duce în mod necesar la modificări ale variantelor finale ale costurilor de exploatare a transformatoarelor.

În fond, costul diferit al kWh face necomparabile valorile pierderilor constante cu valorile pierderilor variabile ale transformatoarelor, deoarece atribuie aceleiași mărimi fizice (kWh) valori (prețuri) diferite, iar prin aceasta sumele obținute devin necomparabile.

Pentru ca determinarea costurilor pierderilor transformatorului sau motorului să se poată face în mod corect, trebuie pornit de la ideea că energia absorbită de la rețea are o valoare identică pentru toate felurile de pierderi în transformator. Economicitatea transformatoarelor nu trebuie și nu poate constitui o funcție a investițiilor în centrală, în rețele, și a procurării combustibilului pentru centrală. Calculul eficacității comparative a transformatoarelor trebuie să determine economicitatea transformatoarelor însăși, puse în condiții identice de exploatare. Stabilirea economicității unui transformator trebuie să rezulte ca o funcție a costurilor sale totale și a caracteristicilor sale tehnice, nicidecum ca o funcție a acestora, în funcție de caracteristicile centralei și rețelelor care sînt la rîndul lor o funcție a investițiilor în centrale și rețele, a consumului specific al combustibilului, a maximului sistemului, a coeficientului de eficacitate a centralei și rețelei etc. Prin stabilirea economicității variantelor de transformatoare, intenția este de a putea determina această mărime (economicitatea) pentru transformatorul însuși, adică de a putea valorifica în mărimi economice caracteristicile sale tehnice în raport cu un alt transformator pus în aceleași condiții de exploatare sau substituind primul transformator.

Punerea în valoare a transformatorului însuși prin utilizarea unui preț unic al kWh, pe lîngă că are importanță datorită posibilității aprecierii reale a valorii pierderilor, mai contribuie și la autonomizarea aprecierii, prin scoaterea transformatorului sau motorului din condițiile locale de funcționare. Calculul prof. Grudinski ține seamă de anumiți factori locali, care trebuie eliminați dacă vrem să cunoaștem eficacitatea economică reală a variantelor de transformatoare analizate. Valoarea investițiilor în centrală și rețea pentru 1 kW instalat și K_s costul combustibilului în lei pe kWh constituie factori locali.

Necesitatea cunoașterii variantei celei mai eficace din punct de vedere economic, din mai multe transformatoare, devine pregnantă dacă se ține seamă de faptul că țara noastră exportă transformatoare și motoare electrice în diferite țări, printre care și în țări capitaliste, unde proprietarul transformatorului este altul decît proprietarul centralei electrice. De asemenea, transformatoarele trebuie apreciate și în postura unui import al energiei transformate, situație în care plata energiei se face după un preț unic al kWh.

Prof. Grudinski [1], în metodologia de calcul al transformatoarelor, aduce următorul argument pentru justificarea includerii în costurile de calcul a valorilor centralei și rețelelor. La proiectarea unor serii noi de mașini, problema ar fi : încotro să fie dirijate mijloacele de investiții existente ; pentru producția unor mașini mai perfecționate sau pentru construcția suplimentară a stațiilor, rețelelor, minelor de cărbuni ?

Acest aspect al problemei poate fi văzut și altfel. Costurile anuale de calcul, determinate după metodologia actuală (3), nu ne pot indica destinația care trebuie dată fondurilor de investiții existente. Centralele electrice și rețelele nu se construiesc în funcție de costurile anuale de calcul al transformatoarelor și motoarelor electrice. Determinarea costurilor totale anuale de calcul ale transformatoarelor nu constituie o funcție a construirii noilor centrale și rețele. Invers, construirea unei noi centrale electrice nu poate contribui cu nimic la proiectarea noilor transformatoare și la realizarea costurilor lor de calcul cele mai scăzute.

d) Din punctul de vedere al metodologiei actuale de calcul [1], optimizarea transformatorului este o funcție a duratei de funcționare în sarcină, a valorii pierderilor constante și variabile ale transformatorului, calculate în funcție de costurile kWh, în funcție de costurile constante și variabile ale centralei și rețelei și a costurilor actualizate ale transformatorului. Optimizarea nu este deci o funcție a construcției transformatorului, a randamentului său, ci, invers, construcția transformatorului este o funcție a unor elemente în afara aparatului. Construcția cea mai economică însă a transformatorului se va realiza atunci cînd se vor organiza în mod optim raporturile valorilor pierderilor permanente și ale pierderilor variabile ale transformatorului, ținînd seamă și de costurile actualizate ale transformatorului. La trans-

formatoarele funcționînd în sarcină, cu un coeficient scăzut față de totalul orelor dintr-un an, va fi mai avantajoasă o micșorare a pierderilor constante P_0, în timp ce la un transformator funcționînd în sarcină cu un coeficient mare dintr-un an, va fi mai convenabilă micșorarea pierderilor variabile P_k. La proiectarea optimă a transformatoarelor, un rol deosebit de important îl reprezintă deci raportul valorii pierderilor constante și variabile ale transformatorului.

În metodologia actuală de calcul, raportul valorii pierderilor constante și variabile în transformator nu este însă determinat de cantitatea mărimilor fizice pierdute kWh și nici de echivalentul lor valoric. Echivalentul valoric al cantității mărimilor fizice este modificat, deplasat, în funcție de costurile constante și variabile din componența costului kWh, calculat. După formula pierderilor în transformatoare, costul kWh pierdut variază în funcție de durata pierderilor. Cu cît durata pierderilor în transformator este mai mare, cu atît prețul de cost al kWh scade și invers.

Din cauzele menționate, după metodologia actuală [1] compararea pierderilor transformatoarelor, exprimate valoric, ne dă o imagine neconcludentă a valorii reale a pierderilor.

Metoda de calcul propusă

Din cele expuse rezultă că un transformator poate fi optim la un anumit coeficient de încărcare, iar prin modificarea duratei de funcționare în sarcină să devină neeconomic în raport cu un alt transformator construit pentru aceeași durată de funcționare în sarcină. Cele arătate duc la concluzia că compararea pentru optimizare a transformatoarelor ar trebui făcută ținînd seamă de caracteristicile de încărcare și pentru aceleași puteri. Dacă din calculul de optimizare se va elimina coeficientul de eficacitate E, cum și elementul statistic variabil al determinării prețului de cost al kWh și se va înlocui cu prețul de cost real mediu sau cu un preț unic al energiei electrice, atunci s-ar putea determina în mod corect varianta cea mai economică a unui transformator din mai multe variante. Utilizînd în calculul de optimizare un preț unic kWh, acesta devine o constantă, iar cantitatea pierderilor exprimate în kWh ar determina diferențierea variantelor din punctul de vedere al valorii pierderilor totale.

Ținînd seamă de cele arătate, calculul de optimizare a transformatoarelor și motoarelor electrice ar urma să se facă după următoarea formulă :

$$Ce = Ct + Cp_o + Cp_k + Cp_m \,, \qquad (6)$$

unde :

Ce sînt costuri anuale de exploatare (de producție), lei ;
Ct — costul anual al transformatorului, lei ;
Cp_o — valoarea anuală a pierderilor de mers în gol, lei ;
Cp_k — valoarea anuală a pierderilor în scurtcircuit, lei ;
Cp_m — valoarea anuală a puterii de magnetizare, echivalentă cu costul compensării acestei puteri reactive, lei.

Pentru obținerea acestor valori se vor utiliza următoarele formule :

$$Ct = K_t - a, \qquad (6.1)$$

$$Cp_0 = P_0 \cdot T \cdot p, \qquad (6.2)$$

$$Cp_k = P_k \cdot \left(\frac{SM}{SN}\right)^2 \cdot p.\tau, \qquad (6.3)$$

$$Cp_m = Q_m \cdot P_k \cdot T \cdot p \cdot (Kc \cdot a), \qquad (6.4)$$

unde : p este prețul unic al kWh. Restul notațiilor sînt ca în formula (3).

Se poate considera că, prin utilizarea formulei (6) la proiectarea transformatoarelor și motoarelor electrice, valorile obținute pentru variantele calculate vor determina în mod corect varianta cea mai economică de transformator sau motor electric.

Bibliografie

[1] *Grudinski, P. S.* Proiect de instrucțiuni cu privire la justificarea tehnico-economică a alegerii nivelului și a raportului de pierderi în transformatoare și motoare electrice la proiectarea seriilor de masă, prin C.A.E.R., Secția 10. Industria electrotehnică.

[2] *Popov, I.* Die Bestimmung der grundsätzlichen Parameter beim einer Serie von Leitstungstransformatoren. În : Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Elektrotechnik Ilmenau, 5, nr. 2—3, 1959.

Intrat în redacție la 3.VI.1964

RECENZIE

CZ 62 69(498) „1944/64"

Industria Romîniei 1944—1964. Bucureşti, Editura Academiei Republicii Populare Romîne, 1964, 803 pag.

Printre lucrările valoroase publicate cu ocazia celei de-a XX-a aniversări a patriei noastre se remarcă şi volumul „Industria Romîniei 1944—1964" apărut în Editura Academiei R.P.R. Lucrarea este semnată de oameni de ştiinţă şi activişti de frunte ai aparatului economic, ale căror eforturi în tratarea importantelor şi valoroaselor probleme au fost coordonate de acad. prof. Vasile Malinschi, prof. Roman Moldovan, membru corespondent al Academiei R.P.R. şi prof. Vasile Rausser.

Situînd lucrarea pe linia preocupărilor multilaterale ale partidului şi statului pentru dezvoltarea armonioasă a economiei patriei, autorii au reuşit să concentreze materia după superioarele coordonate trasate de Congresul al III-lea al Partidului, în vederea îmbinării teoriei cu practica construcţiei socialiste în ţara noastră.

În capitolul introductiv, intitulat „Politica Partidului Muncitoresc Romîn de construire a socialismului", acad. prof. Vasile Malinschi dezvoltă cu un înalt spirit de sinteză cadrul teoretic al întregii lucrări, axîndu-se în special pe analiza perioadelor de construire a socialismului şi scoţînd în evidenţă momentele esenţiale.

Capitolul al doilea „Industrializarea socialistă, temelia trainică a marilor transformări în procesul construirii socialismului" cuprinde un examen făcut de autor, profesorul Vasile Rausser, al problemei industrializării socialiste în ţara noastră, cum şi o comparaţie profundă şi critică legată de dezvoltarea vechei industrii romîneşti, demascînd în acelaşi timp caracterul ei prin excelenţă reacţionar în perioadele care o caracterizează. Mergînd pe aceeaşi linie lucrarea se continuă în capitolul următor cu titlul „Politica de investiţii în industrializarea socialistă" (prof. ing. Emanoil Florescu). Autorul examinează minuţios şi documentat orientarea investiţiilor în legătură cu sarcinile industrializării socialiste, făcînd în acelaşi timp şi o analiză generală asupra eficienţei economice a investiţiilor prin intermediul unor factori caracteristici.

Capitolul următor analizat de prof. Roman Moldovan, membru corespondent al Academiei R.P.R., intitulat „Dezvoltarea economică a regiunilor relativ rămase în urmă în trecut", scoate în evidenţă disproporţiile create în trecut între regiuni şi slabul lor nivel de dezvoltare industrială, şi subliniază apoi — avînd la bază Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. — aspectele importante ale realizărilor obţinute în anii puterii populare pentru ridicarea regiunilor relativ rămase în urmă în trecut. Autorul examinează problema investiţiilor afectate regiunilor, ritmul de creştere a producţiei industriale, schimbarea structurii ramurilor industriale, pe regiuni, cum şi schimbarea ponderii specifice a regiunilor în producţia industrială a ţării.

Dezvoltarea continuă a ramurilor industriei, cum şi adaptarea tehnicii avansate, n-ar fi fost posibile fără acţiunea intensă de pregătire a cadrelor. Academicianul prof. ing. Ştefan Bălan, în capitolul „Pregătirea cadrelor necesare industriei socialiste", examinează sistemul de pregătire a cadrelor necesare industriei, insistînd asupra gamelor de învăţămînt profesional şi tehnic, de asemenea asupra învăţămîntului tehnic superior şi rezultatelor care s-au obţinut, ilustrate în grafice edificatoare.

În ordinea capitolelor, de altfel cronologică prin însăşi legătura ce derivă din conţinutul lor, urmează titlul „Creşterea nivelului de trai material şi cultural al populaţiei", analizat profund şi cu un conţinut viu de către prof. Manea Mănescu, membru corespondent al Academiei R.P.R. Tratînd comparativ nivelul de trai în cele două regimuri: burghezo-moşieresc şi democrat popular, autorul relevă, în termenii cei mai plastici şi în cifre grăitoare desprinse din graficele ilustrativ prezentate, linia vertiginoasă ascendentă a creşterii nivelului de trai al populaţiei în anii regimului nostru.

Acest capitol, reprezentînd un final al problemelor sintetic tratate în celelalte capitole, face trecerea către a doua parte a lucrării, în care se expune evoluţia principalelor ramuri ale industriei.

Astfel, în capitolul „Baza energetică şi electrificarea ţării", acad. prof. ing. Remus Răduleţ şi conf. ing. Nicolae Gheorghiu dezvoltă şi analizează realizările industriei noastre electrotehnice, creaţie a partidului şi guvernului nostru democrat-popular, acordînd o atenţie deosebită sistemului hidroenergetic şi de navigaţie de la Porţile de Fier.

„Industria petrolului" este tratată de ing. Nicolae Ionescu. Pe baza unui vast material, autorul cuprinde caracteristicile industriei petrolului înaintea celui de-al doilea război mondial comparativ cu dezvoltarea acestei industrii în anii puterii populare.

Sub semnătura prof. ing. Bujor Almăşan se integrează în lucrare capitolul privind „Industria minieră", în care autorul relevă creşterea acestei industrii în anii regimului nostru democrat popular faţă de trecut. De asemenea se scot în evidenţă noile condiţii de muncă, ridicarea nivelului de trai al minerilor, problema progresului tehnic etc.

Ing. Constantin Tuzu tratează „Industria siderurgică" într-o amplă şi deosebită expunere, marcînd pe etape bine definite şi profund analizate din toate punctele de vedere succesele obţinute în dezvoltarea acestei ramuri industriale în ţara noastră.

Un capitol deosebit de documentat şi important este „Industria construcţiilor de maşini şi a prelucrării metalelor", semnat de ing. Gheorghe Rădoi. Autorul prezintă la început această ramură în Romînia burghezo-moşierească apoi analizează măsurile luate de partid pentru refacerea ei, trecînd în continuare la urmărirea dezvoltării după 23 august 1944.

În conţinutul capitolului, ing. Gheorghe Rădoi analizează şi subramurile industriei construcţiilor de maşini, accentuînd asupra problemelor de actualitate, ca organizarea superioară a producţiei şi muncii, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc.

În capitolul intitulat „Industria chimică", ing. Mihail Florescu analizează comparativ cu trecutul dezvoltarea acestei industrii şi a orientării ei spre petrochimie.

Ultimele capitole tratînd despre „Industria de exploatare şi prelucrare a lemnului", „Industria materialelor de construcţii", „Industria uşoară" şi „Industria alimentară" sînt semnate de către ing. Mihai Suder, ing. Dumitru Mosora, Alexandru Sencovici şi Ianoş Fazecaş. Autorii examinează creşterea acestor industrii, diversitatea sortimentelor de mărfuri produse, calitatea lor, cum şi măsurile luate privind lărgirea bazei de materii prime şi dezvoltarea unelor subramuri aferente industriilor respective.

Vastul material este completat cu o bogată ilustraţie grafică, fotografii, hărţi, făcîndu-l astfel mai interesant pentru toate categoriile de cititori, fie din ţară sau de peste hotare.

I. Ursulescu

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 621.3.014.332.089.6

Ivanov, V. A. **Schema pentru controlul amplitudinii impulsurilor de curent** (Schema dlia controlia amplitudî impulsov toca). În: Izmeritelnaia tehnica, nr. 2, 1964, p. 16—17, 2 ref. bibl.

Schema descrisă este destinată măsurării impulsurilor de curent pe miezurile de ferite cu ciclu de histerezis dreptunghiular. În acest scop, impulsurile care magnetizează miezul trec printr-o rezistență de măsură Rm. Tensiunea de pe această rezistență se aplică pe unul din contactele unui releu polarizat *P*, la celălalt aplicîndu-se tensiunea etalon *E*. Schema de măsură permite obținerea pe ecranul unui osciloscraf a impulsurilor și a două linii de calibrare, pentru încadrarea acestora. Se descrie modul de funcționare a schemei, menționîndu-se că eroarea de măsură nu depășește 0,5%. O serie de precauțiuni speciale se recomandă a fi luate la folosirea osciloscrafiului YO—1M, timpul de creștere și cădere a impulsului netrebuind să fie mai mic de 0,1 μs.

F. T.

CZ 621.313 *Mașini electrice*

CZ 621.313.2.017.7.001.4

Lenovici, A. S. **Controlul automatizat continuu și limitarea încălzirii bobinajelor rotoarelor mașinilor de curent continuu folosite la acționarea principală a laminoarelor.** (Nepreoivnîi avtomaticeskii kontroli i ogranicenie nagreve iakornih obmotok mașin postoiannova toka glavnih privodov prokatnih stanov). În: Elektrotehnika, 35, nr. 4, 1964, p. 42—43, 4 fig.

Asupra duratei de viață a mașinilor electrice și, în special, de puteri mari, are o importanță deosebită menținerea temperaturii bobinajelor rotorice în limitele admisibile. Dispozitivele cunoscute pînă în prezent au o serie de neajunsuri, și anume: construcție complicată, necesitatea găuririi axului motorului în direcții radiale și axiale și, în fine, controlul periodic și fără posibilități de înregistrare. Se prezintă un nou dispozitiv de control care a fost realizat pe un motor de curent continuu cu putere de 3 320 kW. Controlul temperaturii bobinajelor rotorice se face prin intermediul unor termistoare, care au gabarite reduse și sensibilitate suficientă. Prin inelele de contact fixate pe axul rotorului, termistoarele sînt conectate la brațul unei punți potențiometrice electrice, la ieșirea cărora se obține tensiunea funcției directă de temperatura măsurată. Se prezintă schema instalației și, de asemenea, a punctelor de montare a termistoarelor. Limitarea automată a încălzirii bobinajelor rotorice se face prin mărirea cîmpului lor de excitație în cazul depășirii temperaturii maxime admise.

A. B.

CZ 621.313.2.048: 621.33

Skliarov, A. E. **Problemele încercării izolației motoarelor de tracțiune la fabricile producătoare** (Vaprosi ispitanii izoliațiitiagovih dvigatelei na zavodah izgotovoteliah) In: Elektrotehnika, **36**, nr. 8 1964, p. 13—16, 6 fig., 9 ref. bibl.

Pentru stabilirea condițiilor optime de încercare se studiază cîțiva factori importanți care influențează asupra valorii rigidității dielectrice a izolației secțiunilor motoarelor de tracțiune. Astfel, se studiază variația rigidității dielectrice în funcție de presiune. Se constată că la creșterea presiunii exercitate asupra electrozilor crește și rigiditatea dielectrică în mod sensibil. Valoarea maximă a rigidității dielectrice corespunde — pentru izolația dintre spire — la presiunea de 2,1 kgf/cm², iar pentru izolația față de masă la circa 3,5 kgf/cm².

De aici se trage concluzia că la încercări este necesară stabilirea presiunii nominale, respectiv a presiunii reale în exploatare. Alt factor important este forma curbei de tensiune. Pentru detectarea defectelor din izolație se consideră ca optimă unda de impuls de tensiune de circa 40 μs. Se prezintă, în diagrame, rezultatele încercărilor efectuate, care au dus la concluziile de mai sus.

A. B.

CZ 621.315.6 *Izolanți*

CZ 621.315.6.002.2

Stamm, H. **Zur Frage der überwachung von Isolationen (Despre problema supravegherii izolațiilor).** In: Elektrie, vol. **18**, nr. 7, iulie 1964, p. 193—198, 9 fig., 24 ref. bibl.

În lumina rapoartelor prezentate la Congresul soc. de studii ale instalațiilor de înaltă tensiune, care a avut loc în luna septembrie 1963 la Bayreuth, se relevă inutilitatea încercărilor cu supratensiuni mari la instalații totdeauna bine protejate și care cauzează o scădere a nivelului de izolare. În schimb, se neglijează faptul că orice transformator de putere și de măsură de tensiune, ca și orice bobină de inducție, avînd inductanță și capacitate proprie, pot prezenta efecte de rezonanță la tensiunea de serviciu. Privind efectul corona, măsurabil astăzi cu dispozitive de înaltă frecvență înregistratoare a oscilațiilor electromagnetice produse de descărcare în impulsuri, nu avem astăzi încă o relație clară între îmbătrînirea materialelor izolante și fenomenul descărcărilor.

In exploatare, urmărirea îmbătrînirii uleiului este simplă și acest proces poate fi întîrziat prin adăugarea de inhibitori cu ditertierbutylparacresol.

În cazul hîrtiei este mai greu, deoarece problema se reduce la măsurarea valorilor dielectrice ale hîrtiei îmbibate cu ulei. Îmbătrînirea este cauzată de o reducere a lanțului de molecule de celuloză ; în fabricația hîrtiei se poate interveni pentru a se obține o oarecare inactivitate față de umezeală și o stabilitate termică mai mare. Se caută, mai departe, o corelație precisă între gradul de polimerizare și valorile dielectrice.

Pentru supravegherea izolației bobinajelor de mașini electrice există metode de măsurare care indică valoarea factorilor de pierdere de valoare izolantă în funcție de temperatură, rezultate care nu sînt însă suficiente pentru a preciza starea izolației. În starea actuală nu se cunoaște încă o valoare măsurabilă care să indice tensiunea de străpungere a izolației. La o tensiune aplicată continuă străpungerea se poate produce imediat ce variația rezistenței de izolație, în funcție de tensiunea continuă, nu mai este proporțională. Toate măsurările factorului de pierdere dielectrică sau ale curentului specific, de descărcare care la izolații îmbătrînite se modifică mai devreme decît factorul de pierdere, trebuie tratate ținînd seamă de nivelul actual al cunoștințelor în această problemă.

P. Z.

CZ 621.315.6: 621.314.2.048

Berberich, L. J., Delhaye et Vuarchex, P. J. **O nouă izolație stabilizată de celuloză aplicată la transformatoare (Nouvelle isolation cellulosique stabilisée, appliquée aux transformateurs).** Revue Générale de l'Électricité, tom. **73**, nr. 4, aprilie 1964, p. 187—198, 12 fig., 34 ref. bibl.

Autorii prezintă rezultatele obținute în realizarea modului de încetinire a degradării termice a izolației celulozice, impregnată cu huilă izolantă, utilizată la transformatoare. Astfel, după prezentarea părților teoretice, care intervin la descrierea fenomenelor de degradare și a cauzelor care o provoacă se arată rezultatele experimentale și se specifică îmbunătățirile aduse. Experiențele arată o netă ameliorare în privința comportării celulozei folosite, din punctul de vedere al stabilității termice. Din considerațiile teoretice și din cele practice prezentate în articol rezultă o serie de considerații care se pot folosi în calculul noilor aparate ce vor funcționa la temperaturi mai ridicate decît cele indicate de prescripțiile în vigoare. Se prezintă schemele utilizate la experimentări și mașinile cilindrice care au fost folosite în laborator. Autorii indică procedeele de fabricație a hîrtiei și cartonului stabili-

zate, şi evoluţia materialelor la încercări. De asemenea, se indică evoluţia performanţelor noului produs în diferite condiţii de funcţionare, influenţa noului tip de izolaţie asupra celorlalte materiale ale transformatorului, pierderile, tensiunea de străpungere etc. Noul tip de hîrtie pentru izolarea transformatoarelor permite reducerea greutăţii şi dimensiunilor aparatelor şi înlesneşte folosirea bobinajelor la o temperatură de serviciu de circa 25°C. La aplicarea noii izolaţii la un transformator de 7,5 MVA — 25 kV cu o temperatură de serviciu cu 15°C peste cea normală s-a obţinut o scădere în greutate de 12%.

A. C.

CZ 621.315.617.4.001.8

V a r d e n b u r g, A. K. **Lac de impregnare cu emulsie de apă de tip PFL-8 V** (Propitocinii vodoemulsionnîi lak PFL-8V). In: Elektrotehnika, **36**, nr. 8, 1964, p. 9—11, 6 fig., 1 tab., 2 ref. bibl.

Se prezintă un nou lac de impregnare cu emulsie de apă, superior celor existente, în special prin capacitatea de impregnare mai în adîncime. Caracteristicile dielectrice şi capacitatea de cementare, de asemenea, sînt superioare. Astfel, rigiditatea dielectrică la noul lac (pelicule pe cupru, măsurate la temperatura de 20°C) este de 80—104 kV/mm, faţă de 55—65 kV/mm la vechiul lac cu emulsie de apă. După menţinerea în apă timp de 24 h E_{str} la noul lac este de 14—16 kV/mm, faţă de 10—15 kV/mm, la vechiul lac. Rezistivitatea specifică volumetrică măsurată la 20°C este la noul tip de $(2\div5)\cdot10^{14}$ Ωcm, faţă de $(1{,}2\div4{,}8).10^{14}$ Ωcm, iar după menţinerea în apă timp de 24 h, la noul tip scade numai pînă la $(7.10^{13}\div4.10^{14})$, pe cît vreme la vechiul tip scade mai mult, şi anume pînă la $(4{,}1\div7{,}8)\cdot10^{12}$ Ωcm. Se prezintă: diagramele pierderilor de greutate comparative ale celor două lacuri studiate în procesul îmbătrînirii termice la 180°C; diagramele rigidităţii dielectrice a peliculelor de lac pe suporturi de hîrtie, după menţinerea în apă timp de 24 h în procesul îmbătrînirii termice la 150°C, în funcţie de timp (pînă la 900 h); diagramele variaţiei rezistenţei izolaţiei în procesul de uscare, la temperatura de 125°C, după a doua impregnare (timp de circa 12 h). Toate aceste diagrame arată superioritatea noului lac de impregnare.

A. B.

CZ 621.316.5 *Aparate de conectare*

CZ 621.316.53.002

K u z n e t z o v, R. S. **Aprecierea duratei de viaţă a aparatajului de comunicaţie de joasă tensiune după rezultatele încercărilor pe epruvete** (Oţenka sroka slujbi nizkovoltnih kommutaţionnih apparatov po rezultatam ispitanii obraztov). In: Elektrotehnika, **35**, nr. 4, 1964, p. 19—24, 3 fig., 7 tab., 2 ref. bibl.

Durata de viaţă a aparatajului de comutaţie de joasă tensiune în mod obişnuit se determină prin numărul de operaţiuni de comutaţie pînă în momentul cînd aparatul încetează de a îndeplini funcţiile sale. Autorul propune introducerea în practică a aprecierii statistice a calităţii aparatajului după rezultatele încercărilor unei cantităţi limitate de epruvete.

Se prezintă rezultatele încercărilor cîtorva tipuri de aparate, fabricate în U.R.S.S., prin diagrame, pe baza cărora se stabilesc relaţii de calcul. Se prezintă, pe larg, metodica de calcul cu exemplificările respective.

A. B.

CZ 621.317 *Măsurători electrice*

CZ 621.317.44:538.632

F o g e l s o n, R. L. şi C o t o s o n o v, I. V. **Aparat pentru măsurarea intensităţii cîmpului magnetic.** (Pribor dlia izmerenia napriajenosti magnitovo polia). In: Izmeritelnaia tehnica, nr. 6, 1963, p. 41—42, 1 ref. bibl.

Magnetometrul prezentat se bazează pe efectul Hall, schema fiind alimentată în curent alternativ de 50 Hz, măsurarea bazîndu-se pe principiul compensării. În calitate de indicator se foloseşte un galvanometru de vibraţie de mare precizie şi dimensiuni reduse.

După descrierea schemei folosite şi a elementelor ei componente se dau caracteristicile lor mai importante. Plaja de măsurare a aparatului este cuprinsă între 79 577 şi 2 387 320 A/m, împărţită în 3 secţii: de la 79 577 la 397 887 A/m, de la 358 099 la 1 114 080 A/m şi de la 1 074 299 la 2 387 320 A/m.

Ca material pentru detectorul Hall s-a folosit germaniu de tip *p* sub forma unui paralelipiped de $15\times15\times1$ mm, cu rezistenţa de volum de 4,8 Ω cm şi constanta Hall $1{,}6.10^4$ cm³/k. Se arată că schimbarea tensiunii de alimentare cu 10% şi a temperaturii în limita 20 ± 5°C nu schimbă, practic, indicaţiile aparatului, iar eroarea magnetometrului nu depăşeşte 1%.

Fl. T.

CZ 621.317.7.002.5:621.312

V a s i l i e v, A. A., T c a l i n, I. M. şi S t e i n n a i d e r, M. B. **Asamblarea pe conveier a părţilor mobile ale aparatelor electrice de măsură** (Konveiernaia sborka podvişnîh ciastei elektroizmeritelnîh priborov). In: Priborostroenie, nr. 4, 1963, p. 21—23.

În vederea rezolvării problemei mecanizării şi automatizării proceselor de asamblare a aparatelor electrice, o atenţie deosebită se acordă cercetării diferitelor faze de organizare a fluxului; experienţa fabricii „Vibrator" din Leningrad pare edificatoare în acest sens. Producţia de echipaje mobile la această fabrică variază de la 100 la 20 000 buc./an, de fiecare tip. Cum organizarea asamblării în bandă dă un efect economic sesizabil la producţii de 150 000—200 000 buc./an, se impunea studierea unui flux de asamblare chiar pentru aceste condiţii tehnologice dificile. O analiză atentă a arătat că din totalitatea echipajelor mobile produse de fabrică, 12 tipuri se puteau grupa pe o bandă şi 13 tipuri pe alta, ceea ce crea premise pentru mecanizarea şi automatizarea producţiei. Se arată în continuare pregătirea tehnologică a produselor, studiindu-se cu amănunţime, în special, corelaţia dintre operaţiile tehnologice şi sincronizarea benzii; de asemenea, se prezintă schema electrică de comandă a mişcării conveierului cu programele de lucru şi pauzele tehnologice.

Fl. T.

CZ 621.318.3 *Electromagneţi*

CZ 621.318.38.001.5:389.0

Z i n g h e r m a n, V. I. **Electromagnet cu cîmp magnetic stabil pentru lucrări metrologice** (Electromagnit s odnarodnîm stabilnîm magnitnîm polem dlia metrologhiceskih rabot). In: Izmeritelnaia Tehnica, nr. 2, 1964 p. 19—23.

Pentru efectuarea de măsurări de înaltă precizie a inducţiei magnetice sînt necesare cîmpuri magnetice stabile în timp şi cu variaţie mică în spaţiu. Condiţii speciale se impun surselor de cîmp magnetic cînd drept dispozitiv de măsură se foloseşte balanţa magnetică. Ca surse pentru astfel de cîmpuri magnetice pot servi magneţii permanenţi sau electromagneţii, avantajul celor din urmă constînd în posibilitatea reglării în limite largi a inducţiei. Se descrie un electromagnet cu jug dublu şi miezuri polare conice, dimensiunile circuitului magnetic şi ale bobinelor de magnetizare fiind alese din relaţii obişnuite. Înfăşurarea de magnetizare face posibilă obţinerea în întrefier a unei inducţii de 0,5 T. Datorită suprafeţei mari de răcire, încălzirea este minimă, 1°C. Piesele polare ale electromagnetului sînt realizate din oţel Armco. Pentru ca inducţia în întrefier să nu varieze (de exemplu din cauza variaţiei curentului în înfăşurarea de magnetizare) la electromagnet se aplică un sistem de stabilizare. Modul de funcţionare a aparatului este descris pe larg. În concluzie, se arată constanţa valorilor inducţiei magnetice şi posibilitatea reproducerii ei, eroarea de reproducere nedepăşind 0,003%.

Fl. T.

CZ 621.319.4 *Condensatoare*

CZ 621.319.4 : 621.315.614.6.001.5

Proskurin, V. P. ş. a. **Studiul caracteristicilor condensatoarelor din hîrtie impregnată în lichide clorurate** (Issledovanie harakteristik bumajnih kondensatorov propidannih hloriro-vannimi jidkostrami). In : Elektrotehnica, **36**, nr. 8, 1964, p. 18—21, 7 fig., 4 tab., 3 ref. bibl.

Se studiază pe machete caracteristicile condensatoarelor din hîrtie impregnată în lichide sintetice clorurate, fabricate în U.R.S.S.

În afară de tipurile cunoscute, respectiv SOVOL şi SOVTOL, se prezintă şi alte tipuri de lichide sintetice clorurate, într-o gamă mare, respectiv 10 sorturi. Temperaturile de congelare ale acestora sînt în limitele $-45 \div +10°C$. La acestea se studiază variaţia viscozităţii în funcţie de temperatură, la fel variaţia $\operatorname{tg} \delta$ şi a capacităţii specifice.

Machetele de condensatoare au fost realizate la capacităţi variind între $0{,}18 \div 0{,}2\ \mu F$. S-a folosit hîrtie cu lăţimea de 95 mm şi grosimea de $12\ \mu$, dielectricul fiind format din cîte cinci straturi. Armăturile, din folio aluminiu, cu lăţimea de 65 mm şi grosimea de $7{,}5\ \mu$. În fiecare machetă s-au montat cîte patru secţiuni cu hîrtie cu densitatea de 0,8 g/cm³, şi alte patru cu densitatea de 1,0 g/cm³. Tehnologia pregătirii acestor machete, respectiv deshidratarea şi impregnarea, s-a efectuat după normele din fabrică ; se prezintă, în diagrame, rezultatele studiului menţionat.

A. B.

CZ 621.32 *Iluminat electric*

CZ 621.32 : 628.972

Flückiger, W. **Iluminatul domiciliului şi arhitectura modernă** (Éclairage du domicile et architecture moderne). In : Bull ASE **54**, nr. 11 1963 p. 397—402.

Iluminatul actual al apartamentelor e motivat de arhitectura modernă, care diferă net de construcţiile tradiţionale. In acest scop se examinează diferitele surse de lumină ce servesc la iluminat, formele lor, ca şi materialele din care se confecţionează lămpile moderne. Lămpile cu incandescenţă au atins maximul tehnic posibil de putere luminoasă, ele construindu-se în formele cele mai variate şi adaptîndu-se condiţiilor celor mai diferite. Lumina lor are o culoare corespunzătoare, dar şi un neajuns : radierea de căldură, care poate deteriora abajururile sau materialele învecinate.

Lămpile fluorescente, contrar primelor, dau o lumină fără căldură, cele mai frecvente folosiri ale lor fiind pentru băi şi bucătării. În alte încăperi, obiectele de ornament pierd strălucirea lor dacă nu se realizează un iluminat combinat cu lămpi incandescente. Lămpile cu vapori metalici nu pot fi folosite în iluminatul interioarelor, întrucît monocromatismul emisiei lor luminoase nu le face apte pentru acest scop.

În continuare se tratează problema alegerii materialelor pentru lustre : sticla, răşinile sintetice etc. Ca exemplu se dă modul cum trebuie realizat iluminatul în două apartamente moderne. Concluzia care rezultă din acest articol este că, datorită multiplelor exigenţe pe care trebuie să le satisfacă, iluminatul apartamentelor trebuie să fie net diferenţiat, cu iluminări adesea mai mari decît în trecut, cu combinări de surse luminoase care să permită punerea în valoare a tuturor interioarelor.

Fl. T.

CZ 621.382.3 *Tranzistoare*

CZ 621.382.333.3

Gorojankin, K. A. şi Evighinţeva, V. J. **Aparat tranzistorizat pentru sortarea feritelor în formă de inel** (Pribor na tranzistorah dlia razbrakovki feritovih koleţ). În : Priborostroenie, nr. 5, 1963, p. 17—18, 2 ref. bibl.

Pentru proiectarea diferitelor elemente de automatizare se impune folosirea feritelor toroidale în prealabil triate, ceea ce se poate face fie oscilografiind curba de histerezis şi analizînd-o, fie sortînd oscilografic miezurile după coeficientul K, care reprezintă raportul dintre tensiunea semnal şi tensiunea parazită. Ultimul sistem permite realizarea unei mari viteze de sortare şi deci e mai indicat pentru scopuri industriale. Aparatul realizat se bazează pe principiul comparării curbei de histerezis a torului de măsurat, cu o curbă histerezis etalon. El se compune dintr-un multivibrator, două circuite de comparare, sursele de alimentare, comutatorul circuitelor, elemente care se descriu pe larg. Pentru sincronizare aparatul se poate adapta la un oscilograf IO-4. Măsurările executate au arătat că pot fi considerate bune acele miezuri la care $U_{pert} \leqslant 50$ mV la $U_{semnal} \geqslant 600$ mV ; de asemenea, viteza de sortare a aparatului este mai mare de 60 miezuri pe oră. Ca domenii de aplicaţie se arată că poate fi folosit şi în acele situaţii în care trebuie să se măsoare ferite de mărci sau dimensiuni diferite, în acest caz făcîndu-se simple modificări ale valorii rezistenţelor din circuitele de comparare.

Fl. T.

SCURTE ŞTIRI

„Niostan", noul material supraconductor pentru construcţia magneţilor. Societatea „Naţional Research Corp" din S.U.A. a descoperit un nou material supraconductor sub denumirea „Niostan", pentru construcţia magneţilor în vederea realizării cîmpurilor magnetice foarte puternice. O bandă cu grosimea de 0,0025 mm şi lăţimea de 1,6 mm, conducînd curentul de 100 A, dă un cîmp de 2 Ts. O bandă cu o lăţime de 25 mm conduce la aceeaşi inducţie magnetică 1,6 kA. rPin introducerea acestui material nou pot fi scăzute cheltuielile la construcţia magneţilor foarte puternici cu circa o zecime din valoarea actuală.

Din : E.T.Z.-B, nr. 1, 2, 1964.

Durificarea superficială a pieselor de oţel cu ajutorul unei instalaţii de ionizare. În U.R.S.S. s-au făcut încercări pentru durificarea superficială a pieselor de oţel cu ajutorul unei instalaţii de ionizare. Suprafaţa materialului este bombardată în acest scop cu ioni de titan, care sînt emişi de o catodă încălzită. Ionii pot pătrunde pînă la adîncimea de 0,1 mm. Prin acest procedeu duritatea superficială a pieselor sporeşte cu circa 50%.

Din : Elektrotechnika, Praga, nr. 6, 1964.

Perspectivele de dezvoltare a uzinelor nucleare. Conform datelor publicate de EURATOM se apreciază că, în perioada 1970—1980, puterea totală instalată a uzinelor nucleare în Occident va fi de circa 100 000 MW. Din aceasta revin S.U.A. 30.000 MW; Angliei 12 000 MW, EURATOM-ului 30 000 MW, restul Europei 5 000 MW, Canadei 5 000 MW, iar celorlalte ţări 10 000 kW.

Din : Jaderna Energia, nr. 3, 1964.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU ; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Academiei R.P.R. ; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil ; ing. V. BUNEA ; ing. V. CIOFU ; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU ; ing. AL. GRECEANU ; ing. ŞT. GROSU ; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct ; conf. ing. G. LAZARIDE ; ing. A. POPA ; prof. ing. CRISTINA POPESCU ; ing. VL. POPOVICI ; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET ; ing. ST. ŢIGANETEA ; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — **Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon : 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M.** Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual ; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri : lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 5258.

41 400

MŰSZAKI KÖNYVTÁRI DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

SOMMAIRE

CD 621,313.323.045.56.001.24

Drăgănescu, C., Galbenu, Gh. et *Cristea, N.* : **L'influence de la nature du matériau de la cage sur les paramètres de démarrage de la machine synchrone.**

Electrotehnica **13**, no. 2, févr. 1965, p. 41–45

On présente certaines recherches expérimentales concernant l'influence de la nature du matériau utilisé pour la construction de la cage des moteurs synchrones, sur les paramètres de démarrage. Les résultats obtenus peuvent être utilisés lors du choix judicieux du matériau par rapport à l'alure du couple résistant de l'agrégat entraîné.

CD 621.3.017.7 : 621.314.2.045.53

Truță, C. et *Mereanu, A.* : **La détermination du champ thermique dans les enroulements des transformateurs.**

Electrotehnica **13**, no. 2, févr. 1965, p. 46–52

On indique la répartition des températures, on compare et l'on interprète les résultats obtenus, on donne la formule pour le calcul de la température du point le plus chaud, on utilise les résultats pour la vérification des principes constructifs, ainsi que des méthodes de mesurage.

CD 621.315.613.1 + 621.315.612.6

Marcus, B., Diaconu, L. et *Berinde, V.* : **Matériaux isolants électriques à base de mica lié au verre.**

Electrotehnica **13**, no. 2, févr. 1965, p. 53–59

On présente les caractéristiques physiques, mécaniques et électriques du matériau isolant à base de mica lié au verre, ses domaines d'utilisation dans l'industrie électrotechnique, et le schéma technologique pour la réalisation du matériau. De même, on présente certains résultats des travaux de recherche effectués à l'Institut de recherches et de projets électrotechniques, en vue de la réalisation de ce type de matériaux isolants électriques.

CD 621.352.32.004.2

Barosu, M., Năstase, C., Pervescu, M., Tătucu, S. et *Sudrețan, S.* : **Contribution à l'établissement des conditions d'utilisation de quelques types de MnO_2 dans la fabrication des batteries galvaniques.**

Electrotehnica **13**, no. 2, févr. 1965, p. 59–68

On présente de nouvelles solutions qui permettent de construire des dépolarisants dotés de types de MnO_2 très actifs, comme élément principal. A cette fin, on a étudié systématiquement l'influence des modifications du rapport C/MnO_2 et de la teneur en MnO_2 artificiel et en noir de fumée sur l'activité des dépolarisants et sur les caractéristiques électriques des batteries 3R 12. Les solutions élaborées sont vérifiées et assimilées dans la fabrication courante.

CD 621.313.3 + 621.314.2.003.1

Ceacoveanu, I. : **Le rôle du coefficient d'efficacité économique dans le calcul d'optimalisation des transformateurs et des moteurs électriques.**

Electrotehnica **13**, no. 2, févr. 1965, p. 69–76

Dans cet article on fait l'analyse des principes contenus dans la formule de calcul pour l'optimalisation des transformateurs et des moteurs, principes élaborés par le prof. Grudinski et le prof. Popov. L'analyse se rapporte à la fonction du coefficient d'efficacité économique, ainsi qu'au rôle des autres termes de la formule. Cela mène à la conclusion que la formule respective ne peut pas contribuer au choix de la variante optima du transformateur et, en dernier lieu, on propose une nouvelle formule pour le calcul de l'efficacité économique des transformateurs et des moteurs.

COMPTES RENDUS 77

EXTRAITS 78–80

BRÈVES NOUVELLES 80

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.3 ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621.3 : 537.312.62

Bul, O. B. **Utilizarea în electrotehnică a fenomenului de supraconductivitate.** In : Elektricestvo 85, nr. 5, mai 1964, p. 85—88, 9 fig., 21 ref. bibl.

CZ 621.3.025.621.355.2 : 620.193.7

König, F. **Influența curentului alternativ asupra acumulatoarelor de plumb.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) **16**, nr. 16, 31 iul 1964, p. 536—539, 3 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.3.027.6 : 621.983 : 537.528

Mürtz, J. H. **Deformarea prin explozie la înaltă tensiune.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) **16**, nr. 16, 31 iul 1964, p. 529—536, 8 fig., 1 tab., 26 ref. bibl.

CZ 621.313 MAȘINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ȘI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313.2.047.2 : 621.382.233

Pietrasanta, M. **Tiristoarele pot înlocui colectorul în motoarele de curent continuu.** În : Automaz. e Strum **12**, nr. 4, apr 1964, p. 151.

CZ 621.313.222 : 621.375.3

Ben, U.I. ș.a. **Motor electric serie de curent continuu cu turație constantă, alimentat prin amplificator magnetic.** În : E.u.M. **81**, nr. 6, 15 mart 1964, p. 137—139, 4 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.313.32.072 : 621.375.3

Kvartalnov, B. V. ș.a. **Sistem de reglare automată a excitației mașinilor sincrone care lucrează în regim de motor și de generator.** În : Izv. VUZ. Energhetika **7**, nr. 4, apr. 1964, p. 1—6, 5 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.313.33.002 : 669.717

Kravcik, E. D. și Șlag, M. M. **Mașini electrice asincrone din serie de gabarite 10—11, cu puterea între 100 și 400 kW, cu rotorul turnat din aluminiu.** În : Elektrotehnika 35, nr. 5, mai 1964, p. 13—16, 3 fig., 1 tabl.

CZ 621.313.333 : 621.316.718

Rekus, G. G. și Cirkov, M. T. **Limitele de reglare a turației unui motor asincron, în cazul unei comenzi de frecvență.** În : Elektricestvo **85**, nr. 5, mai 1964, p. 77—81, 3 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.313.333.2.012.8

Certak, B. M. ș.a. **Metodă de îmbunătățire a caracteristicii motorului asincron cu rotorul în scurtcircuit.** În : Elektrotehnika **35**, nr. 5, mai 1964, p. 10—13, 4 fig., 6 tab., 4 ref. bibl.

CZ 621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.222.6.012.4

Artemiev, D. F. și Krijanovski, V. V. **Caracteristicile de mers în gol ale transformatoarelor de putere.** În : Elektriceskie stanții 35, nr. 5, mai 1964, p. 42—46, 4 fig., 3 tabl., 10 ref. bibl.

CZ 621.314.222.68.013.71

Dagefärde, G. H. **Transformatoarele de reducție.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) **16**, nr. 16, 31 iul 1964. p. 470—475, 11 fig., 9 ref. bibl.

CZ 621.315 TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE. LINII AERIENE. CABLURI SUBTERANE. CONDUCTOARE. MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.2 : 678.074

Forstner, E. **Progrese realizate în tehnica cablurilor prin utilizarea elastomerilor sintetici.** În : Elektro-Anz. **17**, nr. 12, 22 apr 1964, p. 37—40, 5 fig., 3 tab.

CONTENTS

DC 621.313.323.045.56.001.24

Drăgănescu, O., Galbenu, Gh. and *Cristea, N.*: **The influence of the nature of cage material on the starting parameters of synchronous machines.**

Electrotehnica **13**, nr. 2, febr 1965, p. 41–45

The results are given of experimental investigations concerning the influence of the nature of cage material on the starting parameters in synchronous motors. These results may be used for an adequate choice of the material according to the resistant couple of the driven unit.

DC 621.3.017.7 : 621.314.2.045.53

Truță, C. and *Mereanu, A.*: **Determining the thermic field in transformer windings.**

Electrotehnica **13**, nr. 2, febr. 1965, p. 46–52

The temperature distribution is pointed out and the results obtained are compared and interpreted. The calculation formula of the warmest point temperature is given and the results are used for checking constructive principles and measuring methods.

DC 621.315.613.1 + 621.315.612.6

Marcus, B., Diaconu, L. and *Berinde, V.*: **Electroinsulating materials based on mica bonded with glass.**

Electrotehnica **13**, nr. 2, febr. 1965, p. 53–59

The physical, mechanical and electrical characteristics of the electroinsulating material based on mica bonded with glass are described as well as its utilisation fields in the electrotechnical industry and the technological scheme followed in producing this material. Some results are also given of research work carried out at the Institute for Electrotechnical Research and Designing in connection with the production of this electroinsulating material.

DC 621.352.32.004.2

Barosu, M., Năstase, C., Pervescu, M., Tătucu, S. and *Sudreşan, S.*: **Contribution to the establishment of the utilization conditions of some MnO_2 types in manufacturing galvanic batteries.**

Electrotehnica **13**, nr. 2, febr. 1965, p. 59–68

Some news solutions allowing to make up the depolarisers with high-activity MnO_2 types as principal component are presented. In this connection, some aspects have been systematically studied including the influence of changes in the C/MnO_2 ratio and of artificial MnO_2 and carbon black contents on the activity of depolarisers and on the electrical characteristics of the 3R12 batteries. The solutions suggested are checked up and introduced into the current fabrication.

DC 621.313.3 + 621.314.2.003.1

Ceacoveanu, I.: **The role of the economic efficiency coefficient in the optimizing calculus of transformers and electric motors.**

Electrotehnica **13**, nr. 2, febr. 1965, p. 69–76

The principles contained in the optimizing calculus formula of transformers and motors worked out by prof. Grudinski and prof. Popov are analysed. The analysis concerns the function of the economic efficiency coefficient as well as the role of the other terms of the formula. The conclusion being reached that the respective formula could not help choosing the optimum transformer variant, a new formula is suggested for calculating the economic efficiency of transformers and motors.

REVIEWS 77

ABSTRACTS 78–80

BRIEF NEWS 80

CZ 621.315.235

Arman, A. M. ş.a. **Influenţa migraţiei umezelii din sol asupra puterii admisibile în cablurile din sistemele de transport de înaltă tensiune.** În : Proc. I. electr. Engrs. **III**, nr. 5, mai 1964, p. 1 000—1 016, 20 fig., 2 tab., 4 ref. bibl.

CZ 621.315.235

Milne, A. G. şi Machlinski, K. **Caracteristici ale solului care influenţează parametrii nominali ai cablurilor.** În : Proc. I. electr. Engrs. **III**, nr. 5, mai 1964, p. 1 017—1 039, 26 fig., 7 tab., 15 ref. bibl.,

---

CZ 621.315.612.2/3

Soyck, W. **Materiale izolante din ceramică densă pentru tensiuni şi frecvenţe joase.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) **16**, nr. 16, 31 iul 1964, p. 544—548, 7 fig.

CZ 621.315.615.2.001.4

Kaplan, D. A. şi *Kucinski, G. S.* **Influenţa umidităţii asupra rezistenţei electrice a uleiului de transformator.** În : Elektrotehnika **35**, nr. 5, mai 1964, p. 30—35, 5 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.315.616.9 : 621.319.4

Utilizarea foilor de poliesteri ca dielectric pentru condensatoare. În : Electro-Anz. **17**, nr. 13, 6 mai 1964, p. 38.

CZ 621.315.62 : 666.295

Clark, C.H.W. **Glazură semiconductoare pe izolatoare de înaltă tensiune.** În : Electr. Rev. **174**, nr. 20, 15 mai 1964, p. 740—744, 6 fig., 10 ref. bibl.,

---

CZ 621.316. DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTRICE. DESCHIDEREA ŞI ÎNCHIDEREA CIRCUITELOR. PROTECŢIA APARATELOR

CZ 621.316.542.027.875

Ruoss, E. **Întreruptoarele de putere pentru tensiune înaltă.** În : Bull. ASE **55**, nr. 11, 30 mai 1964, p. 532—538, 11 fig., 12 ref. bibl.

CZ 621.316.933.8.048.3

Wierny, H. **Protecţia contra contactelor printr-un material izolant.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) **16**, nr. 16, 31 iul 1964, p. 465—470, 10 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.317. TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.7.083.722

Wehrle, G. **Consideraţii de bază la utilizarea aparatelor numerice de măsurat.** În : ATM, nr. 339, apr 1964, p. 89—90, 21 ref. bibl.

CZ 621.317.738

Bailey, D. F. **Aparat de măsurat capacitatea cu citire directă.** În : Wireless — World **70**, nr. 4, apr 1964, p. 204—207, 5 fig.

CZ 621—83 ACŢIONARE ELECTRICĂ

CZ 621—83 : 621—523

Iuferov, F. M. **Motoare electrice de acţionare a dispozitivelor de automatizare.** În : Prom. energhetika **19**, nr. 4, apr 1964, p. 38—42, 4 fig., 4 tab.

CZ 621—83 : 621—523

Lisenkov, M. G. ş.a. **Sistem fără contacte pentru reglarea optimă prin impuls a echipamentelor de acţionare electrică.** În : Avtomatika i priborostroenie, nr. 1, ian — mart 1964, p. 11—15, 3 fig.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

For advertisments in rumanian periodicals apply to

PUBLICOM

Modern, efficient advertising on the Rumanian market in full progress of economic development

RUMANIAN PUBLICITY AGENCY

BUCHAREST RUMANIA – B-DUL N. BĂLCESCU No. 22

TEL.: 14.75.35

PUBLICOM

PUBLICOM

Faites votre publicité dans la presse roumaine de spécialité en vous adressant à

PUBLICOM

Réclame moderne, frappante, efficace, s'adressant au marché roumain en pleine évolution économique

AGENCE ROUMAINE DE PUBLICITÉ

BUCAREST, ROUMANIE – B-DUL N. BĂLCESCU No. 22

TEL. 14.75.35

Werben Sie in der rumänischen Fachpresse durch

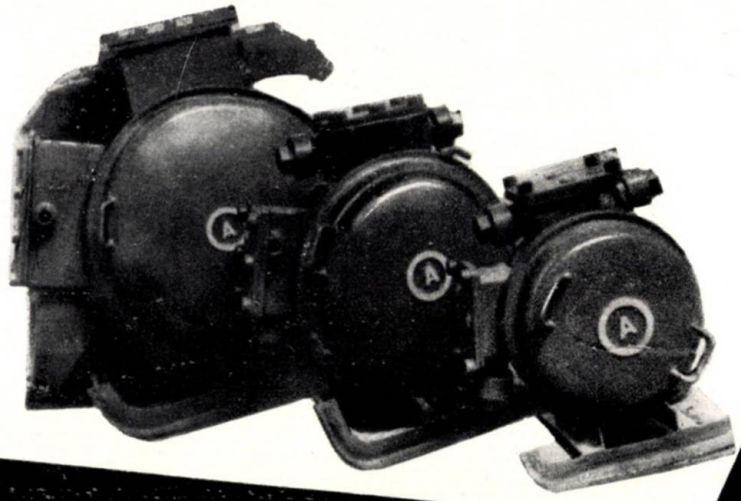
PUBLICOM

Moderne und wirksame Reklame auf dem aufstrebenden rumänischen Markt

RUMÄNISCHE WERBEAGENTUR

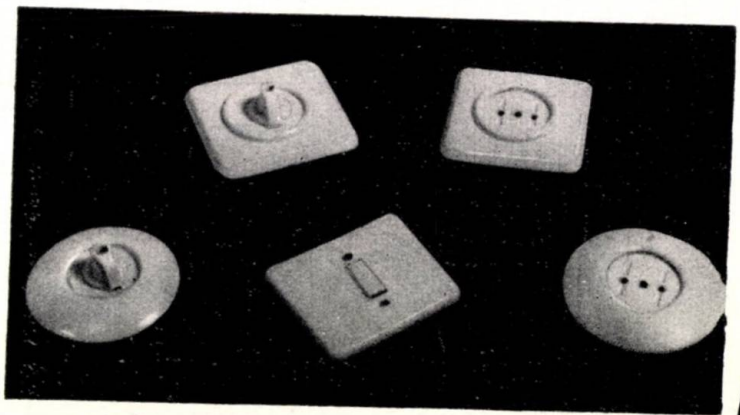
BUKAREST, RUMÄNIEN – B-DUL N. BĂLCESCU No. 22

FERNRUF: 14.75.35



- aparate pentru automatizări
- echipamente pentru tracțiune electrică, industria chimică, industria petrolieră, industria minieră, nave maritime și fluviale

electroaparataj



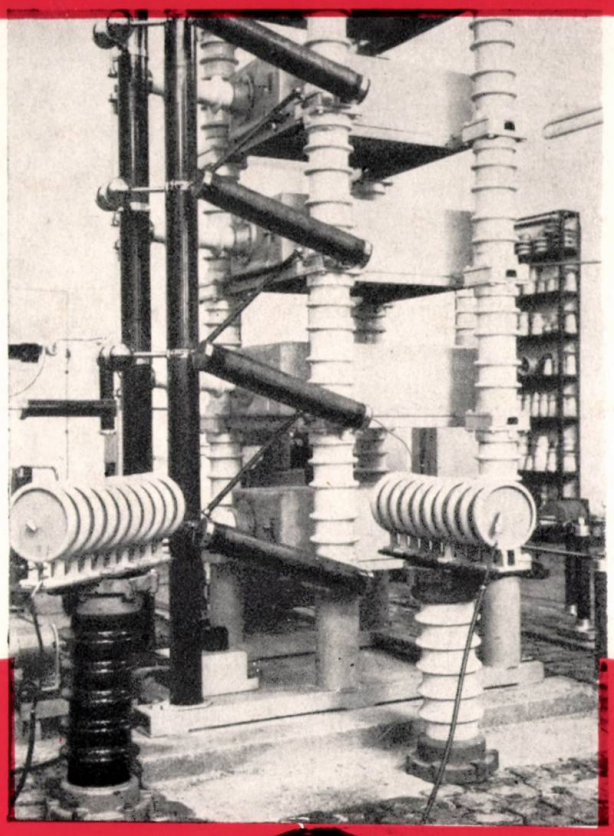
- aparate de instalații electrice interioare pentru construcții civile și industriale.

- aparate pentru comanda și protecția electromotoarelor

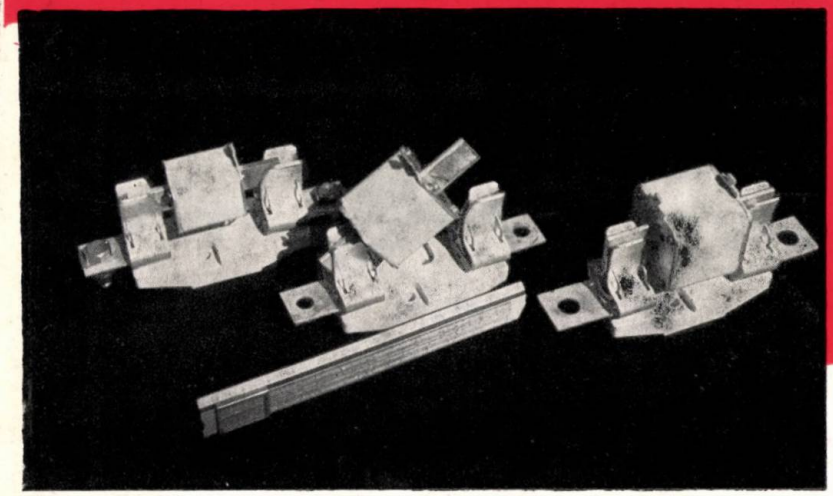
ÎNTREPRINDERE PRODUCĂTOARE DE APARATE ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

BUCUREȘTI
B-DUL MARELUI STADION NR. 3

M.I.C.M. - I.C.P.E.



INSTITUTUL DE CERCETARE ŞI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

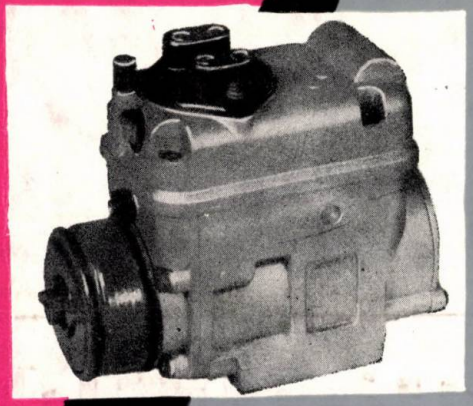


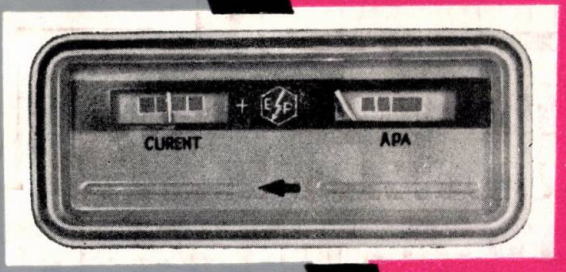
DIN BUCUREŞTI, BD. T. VLADIMIRESCU 45. TELEFON 16.41.40, 16.41.48

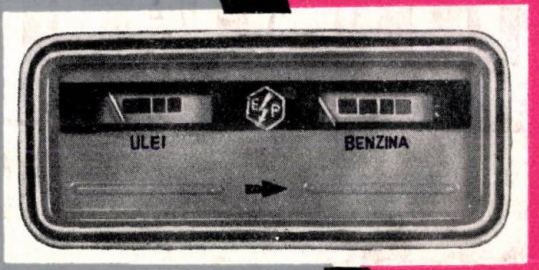
primeşte comenzi de cercetare şi proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din ţară.

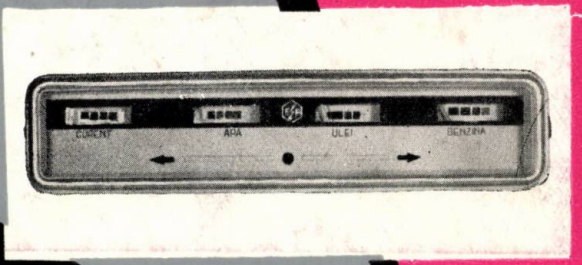
Institutul execută studii, încercări, omologări şi execuţii de prototipuri din domeniul maşinilor şi transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă şi înaltă tensiune, acţionărilor electrice, schemelor complexe electrice şi electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu maşini electronice, materialelor electrotehnice, cum şi proiectări pentru uzine şi fabrici cu acest profil.

UZINA ELECTROPRECIZIE SĂCELE









produce

ECHIPAMENT ELECTRIC

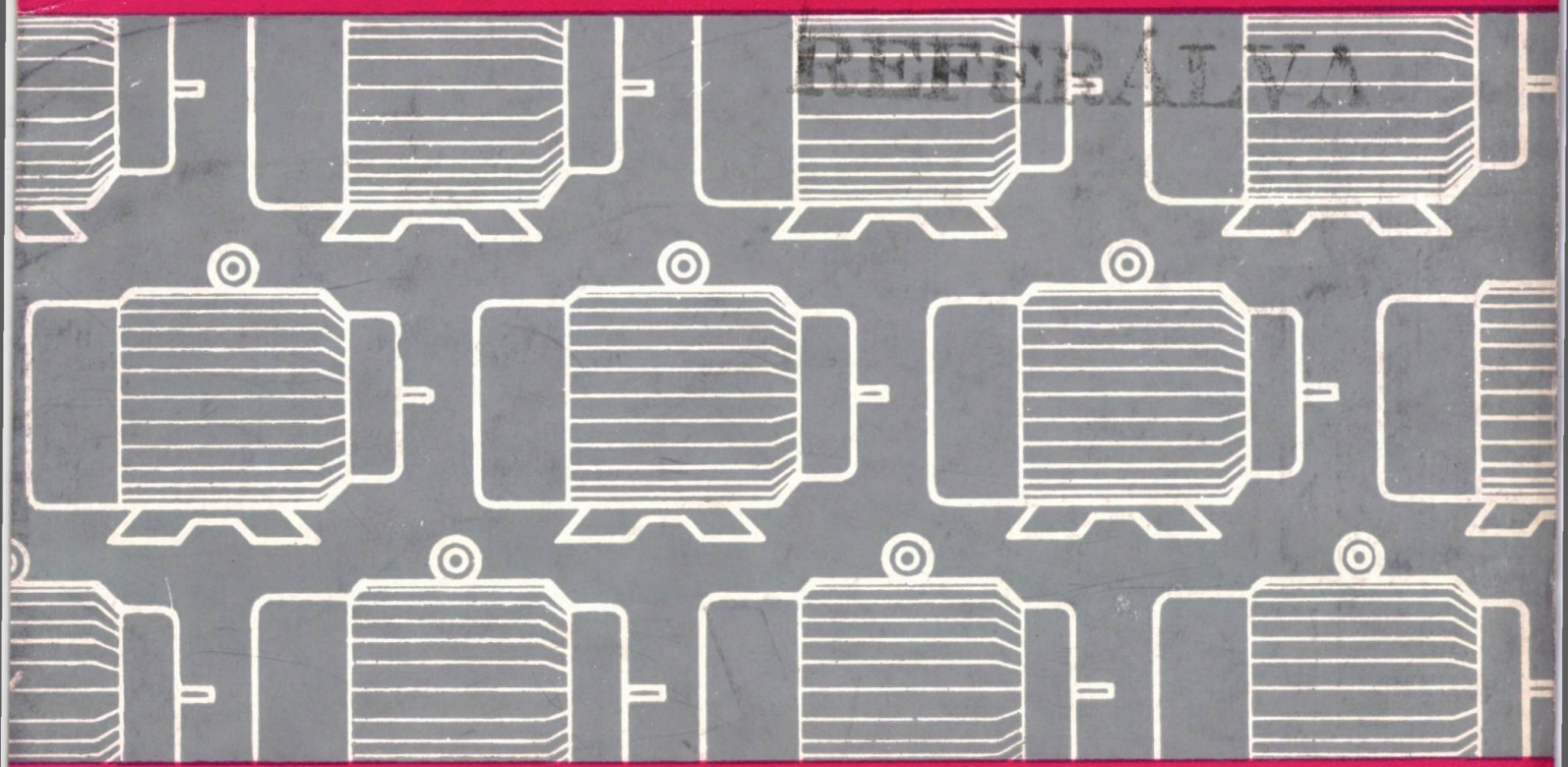
PENTRU

- AUTOCAMIOANE • TRACTOARE
- AUTOBUZE • TROLEIBUZE

și alte autovehicule, asigurînd cele mai exigente condiții de exploatare.

E 2040

ELECTROTEHNICA



ELECTROTEHNICA • BUCUREȘTI • ANUL 13 • NR. 3 • PAGINA 81 — 120 • MARTIE 1965

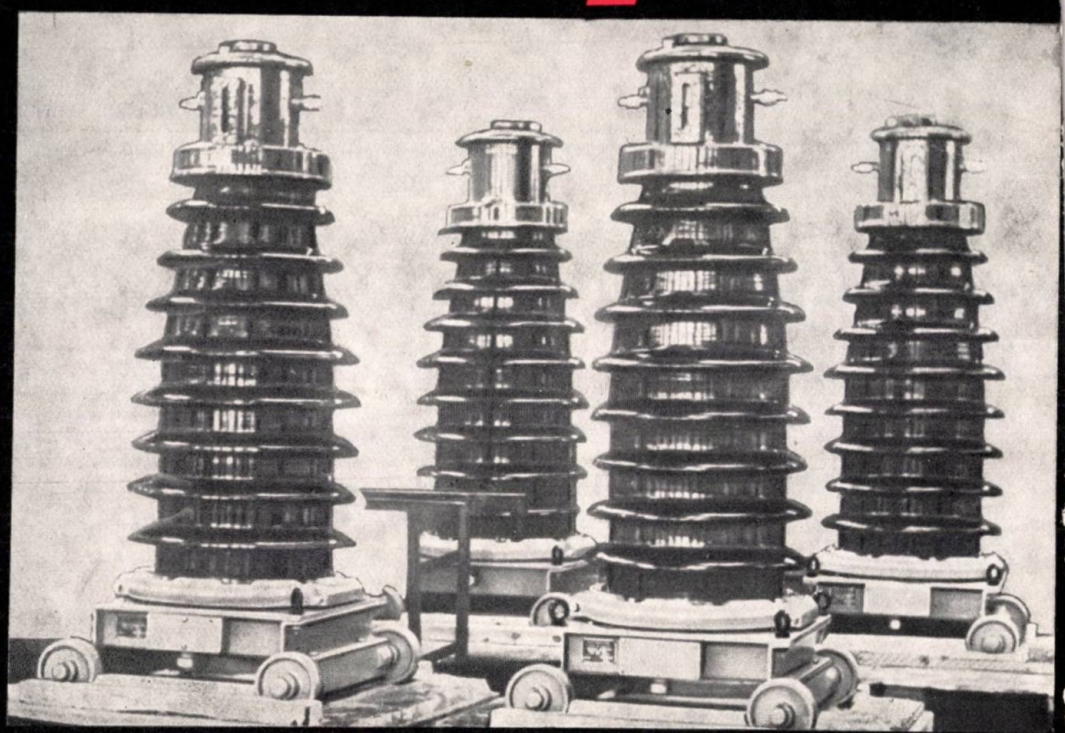
3

Livrează

TRANSFORMATOARE DE MĂSURĂ

DE CURENT ŞI DE TENSIUNE
ÎNTR-O GAMĂ LARGĂ:

6, 10, 15, 25, 35 şi 110 kV ● 5 — 5 000 A (toate valorile intermediare standardizate) ● diferite combinaţii ale claselor de precizie, ale puterilor secundare şi ale coeficienţilor de saturaţie ● diferite tipuri constructive, compacte, cu gabarite reduse ● în ulei, în carcase de bachelită, înglobate în material plastic.



UZINELE ELECTROPUTERE

craiova

E 2040

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES
DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

GHEORGHE GHEORGHIU-DEJ

AMINTIREA TOVARĂȘULUI GHEORGHE GHEORGHIU-DEJ, VEȘNIC VIE ÎN INIMA PARTIDULUI, A CLASEI MUNCITOARE, A POPORULUI

La 19 martie partidul și poporul nostru au suferit o grea pierdere : a încetat să bată inima tovarășului Gheorghe Gheorghiu-Dej, fiu devotat al clasei muncitoare din Romînia, al poporului romîn.

Nemărginită este durerea noastră, a tuturor.

Tovarășul Gheorghiu-Dej și-a dăruit întreaga sa viață partidului clasei muncitoare, luptei revoluționare pentru eliberarea oamenilor muncii, pentru fericirea poporului romîn și a patriei noastre, pentru socialism. Înalt exemplu de fidelitate față de marxism-leninism, tovarășul Gheorghiu-Dej a fost un eminent militant al mișcării comuniste și muncitorești internaționale, a luptat neobosit pentru prietenia și unitatea țărilor socialiste, pentru coeziunea partidelor comuniste, pentru cauza păcii și libertății popoarelor.

În uriașa sa activitate și-au găsit expresie trăsăturile cele mai nobile ale eroicei noastre clase muncitoare, care este mîndră de a fi plămădit în mijlocul ei, în focul luptei conduse de partid, un asemenea conducător.

Născut la 8 noiembrie 1901 la Bîrlad, într-o familie de muncitori, tovarășul Gheorghiu a început să muncească de la vîrsta de 11 ani ca ucenic în diferite ateliere și fabrici, calificîndu-se ca muncitor electrician. Sub influența valului revoluționar din Romînia de la sfîrșitul primului război mondial, însuflețit de ideile Marii Revoluții Socialiste din Octombrie, tovarășul Gheorghiu-Dej s-a înrolat din fragedă tinerețe în mișcarea muncitorească. El a participat, în rîndurile muncitorilor din Valea Trotușului, la greva generală din 1920 — care a oglindit creșterea conștiinței de clasă, a capacității de luptă a proletariatului romîn și a evidențiat necesitatea istorică a înfrîngerii oportunismului, a făuririi partidului de tip nou, Partidul Comunist din Romînia.

În anii următori, tovarășul Gheorghiu-Dej ia parte la un șir de acțiuni muncitorești la Galați, fiind ales în conducerea sindicatului de la Atelierele C.F.R.

În 1930 el devine membru al Partidului Comunist, în rîndurile căruia avea să lupte pînă la ultima suflare.

În acei ani, cînd criza economică lovea greu masele muncitoare, activitatea partidului era paralizată de lupte fracționiste care aduseseră partidul la un pas de lichidare. Refacerea unității partidului, orientarea activității sale spre întărirea legăturilor cu masele muncitoare și în primul rînd cu detașamentele de bază ale proletariatului au făcut posibilă organizarea unor mari acțiuni muncitorești, culminînd cu eroicele lupte din februarie 1933 — în a căror pregătire și desfășurare s-au afirmat cu putere marile calități politice și organizatorice de conducător revoluționar ale tovarășului Gheorghiu-Dej.

La Galați și apoi la Dej, unde fusese mutat disciplinar, ca și la București, Iași, Cluj, Pașcani și în alte localități, tovarășul Gheorghiu-Dej, dînd exemplu de felul cum trebuie muncit în mijlocul maselor, a depus o intensă activitate pentru realizarea unității de acțiune a muncitorilor ceferiști.

În 1932, la Conferința pe țară a muncitorilor feroviari, tovarășul Gheorghiu-Dej a fost ales secretar al Comitetului Central de acțiune care, sub îndrumarea Comitetului Central al Partidului Comunist, a organizat nemijlocit lupta ceferiștilor.

Tovarășul Gheorghiu-Dej și-a îndeplinit în mod strălucit sarcinile de răspundere încredințate de partid în organizarea acestor lupte, care au constituit o cotitură în istoria întregii noastre mișcări muncitorești, au demonstrat capacitatea clasei muncitoare de a acționa ca forță socială conducătoare a poporului muncitor în lupta de eliberare, au deschis o pagină nouă în viața partidului. Întărindu-și rîndurile cu cele mai bune, mai combative și revoluționare cadre proletare, partidul s-a legat mai strîns de masele oamenilor muncii.

Procesul intentat de reacțiune în 1933—1934 conducătorilor muncitorimii ceferiste a fost transformat de Partidul Comunist într-o tribună de demascare a regimului burghezo-moșieresc, a politicii antinaționale și antipopulare a claselor dominante. Din banca acuzaților în lanțuri a răsunat cu vigoare și curaj, prin glasul tovarășului Gheorghiu-Dej, chemarea înflăcărată, mobilizatoare a partidului adresată maselor muncitoare de a lupta cu hotărîre pentru o viață mai bună, împotriva robiei capitaliste, pentru apărarea suveranității și independenței naționale.

Condamnat la 12 ani muncă silnică, tovarășul Gheorghiu-Dej a fost deținut în diferite închisori — Jilava, Văcărești, Craiova, Ocnele Mari, Aiud, Doftana, Caransebeș și în lagărul de la Tg. Jiu.

Gratiile temnițelor, sîrma ghimpată a lagărelor n-au putut să-i izoleze de partid, de clasa muncitoare, de popor pe militanții revoluționari. Simțind în permanență sprijinul partidului, solidaritatea maselor muncitoare și a unor largi cercuri democratice, ei au păstrat legătura cu viața și activitatea partidului, au înfruntat cu fermitate și dîrzenie regimul de teroare și exterminare din închisori, pe care le-au transformat în școli de călire revoluționară. Prin munca politico-ideologică desfășurată de comuniștii din închisori, în frunte cu tovarășul Gheorghiu-Dej, s-au făurit cadre oțelite de militanți comuniști, caracterizate prin capacitatea de a organiza masele muncitoare, prin clarviziune politică și combativitate revoluționară, cadre care au avut ulterior un rol

de excepțională însemnătate în conducerea de către partid a luptei pentru cucerirea puterii de către oamenii muncii și construirea socialismului.

Aprecierea acordată de partid activității desfășurate de tovarășul Gheorghiu-Dej și-a găsit expresie în cooptarea sa, în 1935, pe cînd se afla în închisoare, ca membru al C.C. al P.C.R.

În anii războiului, tovarășul Gheorghiu-Dej împreună cu ceilalți tovarăși din închisori și lagăre își manifestau încrederea nestrămutată în victoria împotriva fascismului, solidaritatea frățească cu popoarele Uniunii Sovietice. În strînsă legătură cu cadrele de bază din afară, ei și-au pus întreaga experiență, tot elanul revoluționar în slujba organizării luptei antihitleriste a poporului romîn.

Tovarășului Gheorghiu-Dej îi revine meritul principal în demascarea și lichidarea clicii de trădători și capitulanți, infiltrată în conducerea partidului; înlăturarea agenturii trădătoare a constituit una din condițiile esențiale pentru ca partidul să-și poată îndeplini rolul conducător în lupta de eliberare națională și socială a poporului romîn.

Activul revoluționar al partidului, în frunte cu tovarășul Gheorghiu-Dej, a elaborat linia strategică și tactică pentru răsturnarea dictaturii militaro-fasciste și întoarcerea armelor împotriva Germaniei hitleriste. Partidul a trecut la organizarea formațiunilor de luptă patriotice, la realizarea Frontului Unic Muncitoresc cu partidul social-democrat, la înfăptuirea unui larg sistem de alianțe cu diferite grupări politice și atragerea în lupta antihitleristă a unor personalități însuflețite de sentimente patriotice, la desfășurarea unei vaste activități în rîndurile armatei.

În zilele hotărîtoare pentru pregătirea insurecției, C.C. al partidului a organizat evadarea din lagăr a tovarășului Gheorghiu-Dej și a altor cadre de bază ale partidului.

Organizată și condusă de partid, insurecția armată a deschis o eră nouă în istoria poporului romîn, a însemnat începutul revoluției populare. Romînia s-a alăturat coaliției antihitleriste, Armata romînă, în totalitatea ei, a luptat umăr la umăr cu Armata sovietică pînă la zdrobirea Germaniei hitleriste. Sîngele vărsat în comun a cimentat prietenia și alianța indestructibilă dintre poporul romîn și poporul sovietic în lupta pentru cauza păcii și socialismului.

Tovarășul Gheorghiu-Dej a dat o contribuție de cea mai mare importanță la elaborarea liniei politice și tactice a partidului în desfășurarea furtunoasă a marilor bătălii de clasă de după 23 August 1944, muncind cu nesecată energie pentru înfăptuirea sarcinilor stabilite de partid — mobilizarea tuturor forțelor în războiul antihitlerist, refacerea economiei naționale, democratizarea țării, făurirea alianței muncitorești-țărănești în focul luptei pentru reforma agrară, instaurarea puterii populare.

Ca reprezentant al partidului și clasei muncitoare în guvern, tovarășul Gheorghiu-Dej a preluat, în noiembrie 1944, conducerea Ministerului Comunicațiilor și Lucrărilor Publice, fiind primul muncitor ministru în istoria politică a Romîniei.

Sub conducerea partidului, clasa muncitoare organizată în sindicatele unice revoluționare, masele largi țărănești care luptau pentru pămînt, partidele și grupările reunite în frontul național democrat dădeau lovituri zdrobitoare cercurilor reacționare. Valul luptei revoluționare a mătura un șir de guverne cu majoritate reacționară și a impus la 6 Martie 1945 aducerea la putere a primului guvern din țara noastră în care clasa muncitoare avea rolul precumpănitor.

La Conferința Națională a Partidului Comunist din octombrie 1945, tovarășul Gheorghiu-Dej a prezentat Raportul Politic al Comitetului Central, care cuprindea un amplu program de luptă pentru întărirea puterii populare, reconstrucția țării și consolidarea independenței naționale. În acest program, de o largă perspectivă istorică, partidul, scrutînd departe în viitor, și-a exprimat concepția leninistă privitoare la construirea unei industrii puternice ca temelie a dezvoltării social-economice a Romîniei.

După Conferința Națională, tovarășul Gheorghiu-Dej a fost ales secretar general al Partidului Comunist Romîn.

În calitate de ministru al Economiei Naționale și apoi al Industriei și Comerțului, ca președinte al Comisiei Ministeriale pentru redresarea economică, el a adus o contribuție esențială în lupta împotriva inflației și sabotajului economic al capitaliștilor, în pregătirea și înfăptuirea programului din iunie 1947 de stabilizare monetară și refacere a economiei naționale.

Abolirea monarhiei și proclamarea Republicii Populare Romîne au marcat cucerirea deplină a puterii de către clasa muncitoare în alianță cu masele largi ale țărănimii; misiunea de a realiza actul abdicării regelui, la 30 Decembrie 1947, i-a revenit, din însărcinarea partidului și guvernului și în numele tuturor forțelor democratice, tovarășului Gheorghe Gheorghiu-Dej, împreună cu doctorul Petru Groza.

Oamenii muncii, devenind singurii stăpîni ai țării, au pășit cu însuflețire, sub conducerea partidului, la construirea societății socialiste.

Tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej a avut un rol deosebit în lupta partidului pentru realizarea unității politice și organizatorice a clasei muncitoare — înfăptuită la Congresul de unificare din februarie 1948 prin crearea Partidului Muncitoresc Romîn pe baza principiilor ideologice și organizatorice marxist-leniniste. Congresul l-a ales secretar general al Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn.

Prin istoricul act al naționalizării, pregătit de partid sub îndrumarea nemijlocită a tovarășului Gheorghiu-Dej, principalele mijloace de producție industrială au devenit bun al întregului popor și s-a creat o puternică temelie construcției socialiste în țara noastră.

Partidul a orientat cu nestrămutată perseverență dezvoltarea Romîniei în direcția transformării ei într-o țară industrială, cu o agricultură înaintată. Tovarășului Gheorghiu îi revin mari merite în elaborarea politicii de industrializare socialistă, ca pîrghie hotărîtoare a progresului rapid al țării, a valorificării resurselor ei și a dezvoltării tuturor ramurilor economiei în vederea creșterii continue a bunăstării celor ce muncesc — obiectivul fundamental al politicii partidului.

Călăuzit de teza marxist-leninistă că socialismul trebuie construit nu numai la orașe, ci și la sate, partidul a pus la ordinea zilei rezolvarea celei mai complexe sarcini a construcției socialiste — transformarea socialistă a agriculturii. Întreaga muncă desfășurată în acest domeniu s-a întemeiat pe linia exprimată în numele partidului de tovarășul Gheorghiu-Dej la plenara din martie 1949 a Comitetului Central. Viața a confirmat în mod

strălucit această linie politică; înfăptuirea cu succes a cooperativizării agriculturii a deschis largi perspective dezvoltării intensive şi multilaterale a producţiei agricole, a ridicat pe o treaptă mai înaltă alianţa muncitoreasco-ţărănească.

Întreaga activitate a Comitetului Central în frunte cu tovarăşul Gheorghiu-Dej oglindeşte capacitatea de a aplica creator, la condiţiile ţării noastre, legile obiective, general-valabile, ale revoluţiei şi construcţiei socialiste, de a desprinde cerinţele specifice fiecărei etape istorice şi de a îndrepta în direcţia hotărîtoare eforturile partidului, ale poporului.

Aceste trăsături caracterizează munca efectuată de partid sub conducerea nemijlocită a tovarăşului Gheorghiu pentru elaborarea planului de electrificare, a planurilor cincinale şi a planului de şase ani, planuri a căror realizare, prin eforturile însufleţite ale întregului popor, a asigurat introducerea largă a tehnicii noi, dezvoltarea proporţională, armonioasă şi mereu ascendentă a economiei naţionale.

Îndeplinind cele mai înalte funcţii de partid şi de stat — preşedinte al Consiliului de Miniştri din 1952 pînă în 1955, prim-secretar al Comitetului Central al P.M.R. şi preşedinte al Consiliului de Stat pînă în ultima clipă a vieţii sale — tovarăşul Gheorghe Gheorghiu-Dej avea un contact larg şi direct cu poporul, studia cu deosebită luare aminte experienţa maselor, manifesta o nemărginită încredere în puterea de creaţie a poporului — făuritorul istoriei şi al tuturor marilor realizări ale Romîniei socialiste.

Exemplu de simplitate şi modestie, el avea un neasemuit dar de a-şi apropia oamenii, de a-i însufleţi şi a-i antrena la lupta pentru înfăptuirea sarcinilor trasate de partid; oamenii muncii păstrează neştearsă amintirea întîlnirilor cu tovarăşul Gheorghiu, a sfaturilor sale de tovarăş şi prieten care le vorbea în acelaşi grai, al inimii.

Tovarăşul Gheorghiu exprima cu deosebită căldură grija permanentă a partidului pentru educarea tineretului, nădejdea de mîine a ţării, pentru promovarea femeilor în munci de răspundere în economie, în instituţii de stat şi în organizaţiile obşteşti. El manifesta o neslăbită preocupare pentru satisfacerea setei de cultură şi îmbogăţirea vieţii spirituale a poporului, pentru avîntul continuu al învăţămîntului, acorda o mare atenţie activităţii creatoare a intelectualilor, a oamenilor de ştiinţă, artă şi cultură, cărora le împărtăşea înalta preţuire a partidului pentru valoroasa lor contribuţie la propăşirea patriei.

În fruntea partidului, tovarăşul Gheorghiu are merite deosebite în rezolvarea marxist-leninistă a problemei naţionale în ţara noastră, prin care au fost asigurate deplina egalitate în drepturi a tuturor oamenilor muncii şi cimentarea prieteniei de nezdruncinat dintre poporul romîn şi minorităţile naţionale.

Timp de peste trei decenii, tovarăşul Gheorghiu-Dej a adus o mare contribuţie la călirea ideologică şi organizatorică a partidului nostru. Minunat conducător de tip leninist, el a militat pentru întărirea partidului ca detaşament combativ de avangardă al clasei muncitoare, strîns legat de mase, sînge din sîngele poporului, forţa conducătoare în opera de construire a socialismului.

Partidul nostru s-a călit, a realizat o unitate şi o coeziune fără precedent printr-o luptă intransigentă împotriva oricăror abateri de la ideologia şi politica sa marxist-leninistă, împotriva elementelor antipartinice, fracţioniste, oportuniste. În această luptă tovarăşul Gheorghiu-Dej, cu înalta sa conştiinţă partinică şi perspicacitate politică, cu ascuţitul său spirit de clasă, a avut un rol de frunte. Partidul Muncitoresc Romîn, strîns unit în jurul Comitetului său Central, este astăzi mai puternic decît oricînd.

Este pilduitoare pentru noi preocuparea neabătută a tovarăşului Gheorghiu-Dej pentru întărirea continuă a rolului conducător al partidului în toate domeniile activităţii social-economice, pentru aplicarea neştirbită a normelor de muncă leniniste. În viaţa partidului, în activitatea conducerii sale s-a înrădăcinat principiul muncii colective, toate hotărîrile şi măsurile conducerii partidului fiind rodul activităţii şi gîndirii colective a Comitetului Central, Biroului său Politic.

Tovarăşul Gheorghiu a depus o vastă activitate pentru sintetizarea experienţei acumulate de partid în conducerea revoluţiei şi construcţiei socialiste, pentru însuşirea acestei experienţe de către membrii partidului, în vederea înarmării lor teoretice.

Patriot şi internaţionalist înflăcărat, tovarăşul Gheorghiu-Dej a fost un strălucit exponent al politicii consecvente a partidului şi statului nostru de prietenie şi alianţă frăţească cu ţările socialiste, de solidaritate cu lupta clasei muncitoare şi a forţelor democratice de pretutindeni, cu mişcarea de eliberare naţională a popoarelor, pentru unitatea tuturor forţelor progresului social. Exprimînd, cu energia şi tenacitatea ce l-au caracterizat întotdeauna, poziţia Partidului Muncitoresc Romîn, el a militat pentru unitatea ţărilor socialiste, pentru coeziunea marii armate internaţionale a comuniştilor, avînd convingerea că nu există îndatorire internaţională mai înaltă decît aceea de a contribui la salvgardarea şi întărirea acestei unităţi — chezăşia victoriei cauzei socialismului în întreaga lume.

Sub conducerea Comitetului Central în frunte cu tovarăşul Gheorghiu, partidul nostru a depus eforturi neprecupeţite pentru promovarea şi stricta aplicare în relaţiile dintre partidele comuniste şi dintre ţările socialiste a normelor marxist-leniniste — ca cerinţă vitală pentru asigurarea şi întărirea unităţii şi coeziunii lor, pentru creşterea forţei de atracţie a ideilor socialismului în lume. Linia partidului în problemele vieţii internaţionale şi ale mişcării comuniste mon ale, exprimată în Declaraţia plenarei lărgite din aprilie 1964 a C.C. al P.M.R., este urmată cu perseverenţă nestrămutată de întregul partid.

Eminent om de stat, tovarăşul Gheorghiu-Dej a desfăşurat o vastă activitate în elaborarea politicii externe a Republicii Populare Romîne, politică de consolidare a păcii, de luptă împotriva politicii agresive a cercurilor imperialiste, împotriva colonialismului, pentru sprijinirea dreptului popoarelor de a dispune singure de soarta lor, pentru dezvoltarea colaborării internaţionale pe baza principiilor coexistenţei paşnice a statelor cu orînduiri social-politice diferite.

Ţara noastră aşează ca temelie de neclintit a relaţiilor sale internaţionale respectarea egalităţii, suveranităţii şi independenţei popoarelor, neamestecul în treburile lor interne, pronunţîndu-se pentru stricta respectare şi promovare a acestor principii pe arena internaţională, în interesul colaborării şi apropierii între popoare.

Toate succesele în domeniul politicii interne şi internaţionale ale Republicii Populare Romîne, toate realizările obţinute în aceste decenii sînt strîns legate de activitatea desfăşurată în fruntea Comitetului Central al partidului de tovarăşul Gheorghiu-Dej.

Măsura operei titanice înfăptuite de popor sub conducerea partidului o dă deosebirea dintre tabloul întunecat al Romîniei de acum două decenii și înfățișarea de astăzi a țării, în care poporul romîn, liber de orice exploatare, stăpîn al destinelor sale, își făurește o viață fericită.

Scumpul nostru tovarăș Dej a închis ochii pentru vecie cu conștiința datoriei împlinite ; el a putut vedea triumful idealurilor cărora și-a dăruit viața, victoria deplină a socialismului în țara noastră, mersul rapid al Romîniei pe calea progresului economic și cultural.

În ultimele sale cuvinte adresate țării, prin scrisoarea trimisă recentei sesiuni a Marii Adunări Naționale, el își exprima convingerea îndreptățită că țara noastră va păși mai departe, neabătut, pe această cale ; cu nezdruncinată încredere, el arăta că înaintea Romîniei socialiste sînt deschise perspectivele unui viitor strălucit — viitor care stă în mîinile harnice și încercate ale poporului.

Comitetul Central al Partidului Muncitoresc Romîn, tovarășii de muncă și de luptă ai marelui dispărut își iau legămîntul solemn să întărească necontenit unitatea partidului și a conducerii sale, să continue neabătut linia generală, internă și internațională, a partidului, să nu-și cruțe forțele pentru a duce mereu înainte opera de construire a socialismului și comunismului, de înflorire a patriei și ridicare a bunăstării poporului — operă măreață căreia i-a consacrat întreaga viață tovarășul Gheorghiu-Dej.

Marea durere care ne îndoliază tuturor inima unește și mai strîns poporul în jurul partidului. Clasa muncitoare, țărănimea, intelectualitatea, toți oamenii muncii își înzecesc eforturile pentru a obține noi victorii, spre binele și prosperitatea patriei noastre socialiste.

Adio, scump prieten și tovarăș de luptă !

Numele tău va rămîne veșnic viu în inima partidului, în inima clasei muncitoare, a poporului romîn !

Comitetul Central

al Partidului Muncitoresc Romîn

ELECTROTEHNICA

Anul 13 | Nr. 3 | martie 1965

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

CUPRINS

CZ 621.317.382.088.6 :621.317.082.742

Millea, A. şi *Gruia, N.* : **Măsurarea precisă a puterii active în bobinele de tensiune ale aparatelor de măsurat de curent alternativ.**

Electrotehnica 13, nr. 3, martie 1965, p. 81—83

Se descrie o metodă de măsurare a puterilor mici în curent alternativ cu ajutorul unui wattmetru obişnuit şi al unui comparator inductiv de curent.
Se dau rezultatele obţinute la măsurarea, cu această metodă, a puterii active consumate în bobina de tensiune a contoarelor de energie electrică.

CZ 621.316.262:629.113

Saviuc, V., Chiriţescu, D. şi *Dordea, D.* : **Posturi mobile de transformare.**

Electrotehnica 13, nr. 3, martie 1965, p. 83—88

Se arată evoluţia construcţiei posturilor de transformare mobile la noi în ţară şi în alte ţări şi se dau caracteristicile tehnice şi constructive ale acestor posturi. Se insistă asupra postului de transformare mobil de 240 kVA—6/0,4 kV.

CZ 621.316.842.004.5

Antohi, C. şi *Marcus B.* : **Considerente asupra duratei de viaţă a rezistenţelor frigiderelor FRAM.**

Electrotehnica 13, nr. 3, martie 1965, p. 89—91

Se prezintă rezultatele unor încercări a trei tipuri de rezistenţe de aceeaşi putere realizate cu materiale de umplere diferite. Experimentările demonstrează eficacitatea folosirii pulberii magnezitice în comparaţie cu soluţia aplicată actualmente în fabricaţia curentă (rezistenţa funcţionează în aer).

CZ 621.317.736 :621.316.993

Malcoci, V. şi *Comăniciu, D.* : **Aparat pentru măsurat rezistenţa prizelor de pământ.**

Electrotehnica 13, nr. 3, martie 1965, p. 91—96

Se prezintă un caz tipic de echipare cu semiconductoare (tranzistoare şi diode) a unui aparat de măsură pentru lucrări de teren. O asemenea soluţie prezintă o serie de avantaje, ca : siguranţa ridicată în exploatare, gabaritul şi greutatea reduse, manipularea şi întreţinerea comode.

CZ 621.313.333.2.003.1 :621.312.002.2

Crăciunescu, V. şi *Mogoş, R.* : **Consideraţii tehnico-economice asupra seriei actuale de motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit fabricate la întreprinderea „Electromotor" — Timişoara.**

Electrotehnica 13, nr. 3, martie 1965, p. 93—103

Se prezintă rezultatele tehnice şi economice obţinute la reproiectarea seriei de motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit datorită utilizării unor materiale electroizolante de clasă superioară, cum şi principiului tipizării elementelor componente din cadrul seriei de bază şi al seriilor derivate.

PENTRU TINĂRUL INGINER

CZ 621.316.262

Razu, Al. : **Distribuţia energiei electrice în hale industriale prin posturi de transformare bloc.**

Electrotehnica 13, nr. 3, martie 1965, p. 104—105

Se arată sistemele de distribuţie a energiei electrice în hale industriale prin posturi de transformare amplasate liber în hale şi prin magistrale de transport şi distribuţie.

NOTĂ

CZ 621.373 (498)

Marinescu, M. : **Încercarea unui oscilator parametric românesc.**

Electrotehnica 13, nr. 3, martie 1965, p. 105

RECENZII 107—110

REFERATE 111—113

CRONICĂ 114—117

SCURTE ŞTIRI 117—118

NORME ŞI STANDARDE 118—120

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. Pl. Andronescu ; prof. dr. ing. I. S. Antoniu, membru coresp. al Acad. R.P.R. ; acad. dr. ing. A. Avramescu — redactor responsabil ; ing. V. Bunea ; ing. V. Ciofu ; prof. dr. ing. V. Corlăteanu ; ing. Al. Greceanu ; ing. Şt. Grosu ; conf. ing. G. Hortopan — redactor responsabil adjunct ; conf. ing. G. Lazaride ; ing. A. Popa ; prof. ing. Cristina Popescu ; ing. Vl. Popovici ; acad. prof. dr. ing. R. Rădulet ; ing. St. Ţiganetea ; ing. R. Vlădoianu.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.317.382.088.6 : 621.317.082.742

Милля А. и *Груя, Н.:* **Точное измерение активной мощности в катушках напряжения приборов для измерения переменного тока.**

Electrotehnica 13, nr. 3, март 1965, стр. 81–83

Описывается метод измерения малых мощностей переменного тока с помощью обычного ваттметра и индуктивного измерителя тока.

Приводятся результаты, полученные при измерении этим методом активной мощности, потребляемой катушкой напряжения счетчиков электроэнергии.

ДК 621.316.262 : 629.113

Савьюк, В., Кириеску, Д. и *Дордя, Д.:* **Передвижные трансформаторные установки.**

Electrotehnica 13, nr. 3, март 1965, стр. 83–88

Освещается эволюция проектирования передвижных трансформаторных установок в Румынии и за рубежом, причем приводятся технические и конструктивные характеристики этих установок. Особое внимание уделяется передвижной трансформаторной установке на 240 ква — 6/0,4 квт.

ДК 621.316.842.004.5

Антохи, К. и *Маркус, Б.:* **О продолжительности работы сопротивлений холодильников ФРАМ.**

Electrotehnica 13, nr. 3, март 1955, стр. 89–91

Приводятся результаты испытаний трех типов сопротивлений одинаковой мощности, изготовленных с различными наполнителями. Проведенные опыты доказывают эффективность использования магнезитного порошка по сравнению с решением, применяемым в настоящее время в текущем производстве (сопротивление работает в воздушной среде).

ДК 621.317.736 : 621.316.993

Малкоч, В. и *Комэничиу, Д.:* **Прибор для измерения сопротивления заземлений.**

Electrotehnica 13, no. 3, март 1965, стр. 91–96

Описывается типичный случай оснащения полупроводниками (с транзисторами и диодами) измерительного аппарата для полевых работ. Подобное решение обладает рядом преимуществ, в том числе повышенной эксплуатационной надежностью, небольшими габаритами и весом, удобным применением и несложным обслуживанием.

ДК 621.313.333.2.003.1 : 621.312.002.2

Крэчунеску, В. и *Могош, Р.:* **Технико-экономические соображения относительно серии асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, выпускаемых Тимишоарским предприятием „Электромотор".**

Electrotehnica 13, nr. 3, март 1965, стр. 96–103

Освещаются технико-экономические результаты, полученные при репроектировании серии асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором в результате применения высококачественных электроизолирующих материалов, а также принципа типизации составных элементов в рамках основной серии и её вариантов.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621.316.262

Разу, А.: **Распределение электроэнергии в промышленных помещениях посредством трансформаторных сблокированных установок.**

Electrotehnica 13, nr. 3, март 1965, стр. 104–105

ЗАМЕТКИ ● РЕЦЕНЗИИ ● РЕФЕРАТЫ ● ХРОНИКА ● КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ ● НОРМЫ И СТАНДАРТЫ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.317.382.088.6 : 621.317.082.742

Millea, A. und *Gruia, N.*: **Präzisionsmessung der Wirkleistung in den Spannungsspulen der Wechselstrom-Messgeräte.**

Electrotehnica 13, H. 3, März 1965, S. 81–83

Es wird ein Messverfahren der kleinen Wechselstromleistungen beschrieben, wobei ein gewöhnlicher Wattmeter und induktiver Stromkomparator verwendet werden.

Sodann werden die mit diesem Verfahren erzielten Messergebnisse der in der Spannungsspule der elektrischen Zähler verbrauchten Wirkleistung angeführt.

DK 621.316.262: 629.113

Saviuc, V., Chiriţescu, D. und *Dordea, D.*; **Ortsbewegliche Umspannstellen.**

Electrotehnica 13, H. 3, März 1965, S. 83–88

Die Verfasser geben einen Überblick über die bauliche Entwicklung von ortsbeweglichen Umspannstellen im In-und Ausland und führen die technischen und konstruktiven Eigenschaften dieser Anlagen an. In besonderer Weise wird die ortsbewegliche Umspannstelle für 240 kVA-6/0,4 kV beschrieben.

DK 621.316.842.004.5

Antohi, C. und *Marcus, B.*: **Betrachtungen über die Lebensdauer der Widerstände in den FRAM Kühlschränken.**

Electrotehnica 13, H. 3, März 1965, S. 89–91

Es werden die Versuchsergebnisse von drei gleichen Widerstandstypen mit verschiedenen Füllstoffen dargelegt. Die Versuche ergaben, dass mit Magnesitpulver bessere Ergebnisse als mit den zur Zeit in der Produktion verwendeten Füllstoffen erzielt wurden. Die Widerstände arbeiten in Luft.

DK 621.317.736 : 621.316.993

Malcoci, V. und *Comăniciu, D.*: **Messgerät für Erde-Widerstände.**

Electrotehnica 13, H. 3, März 1965, S. 91–96

Die Verfasser beschreiben die typische Bestückung eines tragbaren Messapparats mit Halbleiter (Transistoren und Dioden). Die angeführte Lösung weist eine Reihe von Varianten auf, wie: erhöhte Betriebssicherheit, geringe Abmessungen und geringes Gewicht, leichte Bedienung und Wartung.

DK 621.313.333.2.003.1 : 621.312.002.2

Crăciunescu, V. und *Mogoş, R.*: **Technisch-wirtschaftliche Erwägungen über die gegenwärtige Serie der Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufern, die im „Electromotor"-Werk, Timişoara, gebaut werden.**

Electrotehnica 13, H. 3, März 1965, S. 96–103

Es werden die technischen und wirtschaftlichen Ergebnisse des Neuentwurfs der Serie von Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufern dargelegt. Diese Ergebnisse wurden durch die Verwendung von hochwertigen Isolierstoffen und dem Prinzip der Typisierung der Bestandteile im Rahmen der Grund-und der Nebenserien erzielt.

FÜR DEN JUNGINGENIEUR

DK 621.316.262

Razu, Al.: **Die Verteilung des Kraftstromes in Industriehallen, mittels Blockumspannstellen.**

Electrotehnica 13, H. 3, März 1965, S. 104–105

NOTE ● BUCHBESPRECHUNGEN ● REFERATE ● CHRONIK ● KURZNACHRICHTEN ● NORMEN UND STANDARDE

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 13 nr. 3 București, martie 1965

Măsurarea precisă a puterii active în bobinele de tensiune ale aparatelor de măsurat de curent alternativ

Aurel Millea și Nicolae Gruia* — București

CZ 621.317.382.088.6:621.317.082.742

Cunoașterea cu precizie a puterii active consumate în bobinele de tensiune ale aparatelor de măsurat prezintă importanță în special în cazul aparatelor care se găsesc în număr mare în exploatare și a căror bobină de tensiune este conectată permanent la rețea. Exemplele cele mai tipice în acest sens sînt contoarele de energie electrică, care au un consum de putere în bobina de tensiune de ordinul 0,5 — 2 W.

Măsurarea puterilor mici în curent alternativ nu se poate face direct, cu ajutorul wattmetrelor de construcție obișnuită. Se pot aplica unele metode speciale, ca metoda celor trei ampermetre, dar ea nu asigură o precizie satisfăcătoare. Folosirea unui compensator de curent alternativ este, în general, incomodă și necesită mai multe aparate anexe de precizie.

În laboratorul de curent alternativ al Institutului de metrologie s-a experimentat o metodă pentru măsurarea puterii active, a puterii aparente și a factorului de putere în bobina de tensiune a aparatelor de măsurat, bazată pe comparatorul inductiv de curent construit de autori [1]. Această metodă folosește un wattmetru de precizie, alimentat cu tensiunea nominală a aparatului supus măsurării și cu un curent de „n" ori mai mare decît curentul I_B din bobina de tensiune a acestui aparat și în fază cu I_B. Raportul „n" este măsurat cu precizie foarte mare cu ajutorul comparatorului inductiv de curent.

Principiul de funcționare a comparatorului inductiv de curent

Comparatorul inductiv de curent (fig. 1) se compune dintr-o înfășurare primară P, o înfășurare secundară S și o înfășurare de detecție D, bobinată sub celelalte două. Toate înfășurările sînt dispuse simetric pe un miez toroidal de permeabilitate mare. Dacă tensiunea indusă în înfășurarea de detecție D, controlată cu ajutorul indicatorului de nul IN, este egală cu zero, fluxul rezultant în miez este nul și curenții I_1 și I_2 din înfășurările primară și secundară sînt în fază, iar raportul lor este aproape riguros egal cu raportul invers al numerelor de spire ale acestor înfășurări :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}.$$

Erorile comparatorului inductiv de curent sînt datorite, în principal, dispersiei magnetice cauzate de nesimetria înfășurărilor și capacităților înfășurărilor. Aceste erori sînt însă foarte mici [2]; în cazul comparatorului inductiv

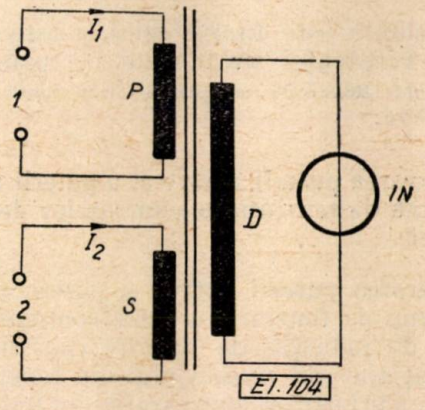


Fig. 1. Comparator inductiv de curent :
P – înfășurare primară; S – înfășurare secundară; D – înfășurare de detecție; IN – indicator de nul.

folosit, ele au fost sub $5 \cdot 10^{-6}$ pentru raportul curenților, respectiv 0,01 minute pentru unghiul de defazaj dintre ei.

---

* Cd. în șt. tehn., ing. *A. Millea* este șef de laborator la Institutul de metrologie, iar ing. *N. Gruia* este cercetător la același institut.

Utilizarea comparatorului inductiv de curent pentru măsurarea puterilor mici în c.a.

Prin folosirea comparatorului inductiv de curent se poate efectua măsurarea comodă și precisă a puterilor mici în c.a. cu o schemă foarte simplă (fig. 2). Prin bobina de curent a wattmetrului se trece un curent I_2 de n ori mai mare decît curentul I_1 din impedanța Z în care se măsoară puterea și în fază cu acesta. Raportul I_2/I_1 se controlează cu ajutorul comparatorului inductiv de curent, la care $N_2/N_1 = 1/n$. Dacă tensiunea la bornele impedanței Z este de cel puțin cîțiva zeci de volți, ea se aplică direct bobinei de tensiune a wattmetrului; dacă ea are o valoare mai mică, se poate utiliza un transformator de tensiune.

Dispunînd, de exemplu, de un wattmetru cu tensiunea nominală de 50 V și curent nominal de 0,1 A, se va putea măsura o putere de 5 mW pe toată scara, dacă $n = 1\,000$. Se pot deci sesiza ușor puteri sub 10^{-4} W. Deoarece comparatorul inductiv de curent introduce erori neglijabile în această măsurare, precizia metodei este dată, practic, integral de precizia wattmetrului folosit. Puterea consumată în circuitul

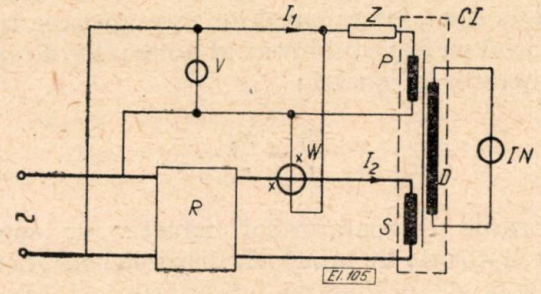


Fig. 2. Schemă pentru măsurarea puterilor mici în c.a.: Z – impedanța în care se măsoară puterea; CI – comparator inductiv de curent; IN – indicator de nul; W – wattmetru; V – voltmetru; R – regulator de amplitudine și de fază.

de măsurare este foarte mică și este datorită numai rezistenței primarului comparatorului; dacă este necesar, se poate face ușor corecția respectivă.

Măsurarea puterii active și a puterii aparente în bobina de tensiune a contoarelor de energie electrică

Măsurarea puterii active și puterii aparente în bobina de tensiune a unor contoare monofazate de inducție de diferite construcții s-a făcut cu ajutorul montajului din figura 3. Înfășurarea primară a comparatorului inductiv de curent este legată în serie cu bobina de tensiune BT a contorului. Rezistența înfășurării primare fiind de ordinul 0,1 Ω, nu influențează practic rezultatul măsurării. Secundarul comparatorului inductiv este conectat în serie cu bobina de curent a wattmetrului de precizie W și cu ampermetrul de precizie A; acest circuit este alimentat cu un curent reglabil în amplitudine și în fază. Bobina de tensiune a wattmetrului W este legată în paralel pe bobina de tensiune a contorului.

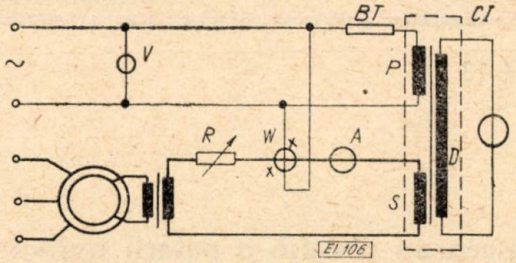


Fig. 3. Schemă pentru măsurarea puterii active și a puterii aparente în bobina de tensiune a unui contor:
BT – bobina de tensiune în care se măsoară puterea; CI – comparator inductiv de curent; IN – indicator de nul; A – ampermetru; V – voltmetru; W – wattmetru; R – reostat; D – defazor.

Ca indicator de nul s-a utilizat un milivoltmetru electronic selectiv. Se poate însă folosi și un osciloscop sau un galvanometru de vibrație, avînd în vedere sensibilitatea deosebit de mare a comparatorului inductiv.

Echilibrul montajului se obține numai pentru componenta fundamentală a curentului I_1 din bobina de tensiune a contorului, datorită selectivității indicatorului de nul. Dacă tensiunea de alimentare este practic sinusoidală, măsurarea puterii este independentă de deformarea curentului I_1.

Tabela 1

Tipul contorului	Seria contorului	Tensiunea	Curentul în bobina de tensiune, A	Puterea aparentă, VA	Puterea activă, W	Factorul de putere
CAM – 6	1 022 340	120	0,0300	3,60	1,21	0,336
	1 022 412	120	0,0315	3,78	1,25	0,331
(Electromagnetica)	1 022 385	120	0,0302	3,62	1,20	0,332
IEA 1–6	1 793 060	220	0,0157	3,45	1,08	0,313
(Bulgaria)	1 794 657	220	0,0165	3,63	1,24	0,341
	1 784 024	220	0,0166	3,65	1,085	0,297
Krizik (Cehoslovacia)	2 525 464	220	0,0171	3,76	1,035	0,275

Raportul „n" a fost egal cu 60 ($N_1 = 60$ spire și $N_2 = 1$ spiră).

Rezultatele măsurării sînt cuprinse în tabela 1.

Se observă că factorul de putere al bobinei de tensiune este de ordinul 0,3 la toate contoarele examinate, ceea ce face ca puterea aparentă să fie cu mult mai mare decît puterea activă.

În calitate de comparator inductiv de curent se poate folosi și un transformator de curent de laborator, care să aibă o înfășurare primară de N_p spire, o înfășurare secundară de N_s spire

şi un orificiu central pentru introducerea unor spire suplimentare. În acest caz, secundarul transformatorului poate fi utilizat drept înfăşurare de detecţie, primarul transformatorului drept secundar al comparatorului de curent, iar o spiră suplimentară prin miezul transformatorului poate juca rolul primarului comparatorului. Se obţine astfel $n = N_p$. Erorile acestui comparator de curent improvizat vor fi mai mari decît ale celui realizat de autori [1], dar în orice caz mai mici decît la funcţionarea sa ca transformator de curent, ceea ce este satisfăcător pentru toate scopurile practice.

Concluzii

Metoda permite măsurarea cu precizie a puterilor active mici (de ordinul $10^{-1} \div 10^{-4}$ W) folosind un wattmetru de construcţie obişnuită, destinat de regulă măsurării puterilor mai mari. Precizia măsurării este determinată, practic, numai de precizia wattmetrului utilizat.

Metoda utilizată poate fi extinsă pentru aplicaţii foarte variate, ca de exemplu măsurarea puterii absorbite în gol de transformatoare sau motoare mici, măsurarea impedanţelor dependente de tensiune (bobine de diverse tipuri, cutii de impedanţă pentru transformatoare de măsurat, relee), măsurarea pierderilor în fier etc. Se poate utiliza şi la frecvenţe mai înalte, pînă la circa 10 000 Hz, cu o precizie satisfăcătoare.

Bibliografie

[1] *Millea, A.* şi *Gruia, N.* Instalaţie de înaltă precizie pentru etalonarea transformatoarelor de curent. În: Electrotehnica, **12**, nr. 5, mai 1964, p. 189.

[2] *Millea, A., Stoica, A.* şi *Gruia, N.* The use of inductive current-comparators for precise measurements. Acta IMEKO-25—RU-225, 1964.

Intrat în redacţie la 12.XI.1964

Posturi mobile de transformare

Victor Saviuc, Dan Chiriţescu şi Dionisie Dordea * — Iaşi

CZ 621.316.262 : 629.113

Dezvoltarea electrificării pune noi şi variate probleme legate de alimentarea cu energie electrică a consumatorilor.

Astfel, în agricultură sau pe diferite şantiere apare necesitatea alimentării cu energie electrică a unor consumatori de putere mare pentru perioade relativ scurte, ceea ce face nerentabilă construcţia unor posturi fixe de transformare sau amplificare a reţelelor de distribuţie de joasă tensiune. Cheltuielile de amortizare raportate la numărul de ore de funcţionare sînt mari deoarece posturile fixe de transformare sînt utilizate un număr mic de ore pe an. În cazul demontării şi remontării posturilor fixe pe mai multe amplasamente nu se pot recupera integral toate materialele, iar manopera corespunzătoare şi costul utilajelor folosite la aceste operaţii sînt ridicate. Din aceste motive alimentarea consumatorilor sezonieri, a celor cu deplasări frecvente, a celor provizorii etc. este util a se face de la posturi de transformare mobile, care se racordează la liniile de înaltă tensiune de 6—15 kV, care trec prin regiunea respectivă.

Aceste posturi pot fi utilizate la irigaţii şi desecări (pentru alimentarea staţiilor de pompare, a excavatoarelor şi drăgilor care sapă canale etc.), la alimentarea cu energie electrică a utilajelor de hidromecanizare a unor şantiere de construcţii sau de drumuri, a atelierelor provizorii, a expoziţiilor etc. Ele se pot folosi la exploatări forestiere, petroliere, miniere. Posturile mobile de transformare mai pot servi la înlocuirea transformatoarelor defectate, ca rezervă deplasabilă rapid în sistemele energetice, la extinderea reţelelor electrice etc.

În multe ţări, utilizarea lor a căpătat o largă răspîndire, executîndu-se posturi mobile de transformare cu destinaţii speciale [1]—[6].

În acest articol, după ce se arată condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească construcţia posturilor mobile de transformare, se face clasificarea lor şi se descriu cîteva tipuri realizate în străinătate şi în ţara noastră.

*

După modul în care se face deplasarea — mod care depinde de mărimea distanţei, de frecvenţa deplasărilor şi de felul terenului pe care se face această deplasare — posturile mobile de transformare se pot clasifica în modul următor:

— posturi de transformare pe tălpi (sanie); ele se utilizează în cazul terenurilor accidentate şi în cazul deplasărilor rare pe distanţe mici, ca de exemplu pe şantiere mari de excavaţie, la exploatări petroliere etc.;

— posturi de transformare pe roţi cu bandaje metalice;

— posturi de transformare pe pneuri;

— posturi de transformare pe vagoane de cale ferată; aceste tipuri, permiţînd deplasarea rapidă pe distanţe mari, sînt utilizate pentru intervenţii în sisteme energetice;

* Ing. *V. Saviuc* este cercetător principal la Centrul de cercetări tehnice al Academiei R.P.R., filiala Iaşi; ing. *D. Chiriţescu* este şeful atelierului instalaţii la D.S.A.P.C. — Iaşi, iar ing. *D. Dordea* este proiectant principal la I.R.E. — Iaşi.

— posturi de transformare plutitoare, pe şlepuri sau pontoane.

În trecut se construiau posturi mobile de transformare pe roţi cu bandaje metalice, dar tipurile noi se execută pe pneuri. Pentru consumatorii sezonieri de energie electrică de pe malurile apelor sînt recomandabile posturile de transformare plutitoare. De la astfel de posturi se pot alimenta staţii de pompare pentru irigaţii (care au avantajul unei înălţimi constante de aspiraţie), unităţi de dragaj şi hidromecanizare utilizate pe şantierele de îmbunătăţiri funciare etc. Unităţile plutitoare au avantajul că nu sînt în pericol la creşterea nivelului apelor.

În agricultură durata de funcţionare a postului pe un amplasament ajunge la cîteva luni. Puterea sa, în funcţie de puterea consumatorilor ce-i deserveşte, este cuprinsă între limitele 100 şi 300 kVA.

Datorită particularităţilor sale de exploatare postul mobil de transformare trebuie să îndeplinească următoarele condiţii :

— în funcţie de starea terenului pe care se va transporta se vor prevedea mijloacele corespunzătoare de protecţie împotriva eforturilor mecanice care apar în timpul transportului ; se va căuta totodată ca stabilitatea posturilor să fie cît mai mare prin amplasarea judicioasă a aparatajului şi forma adecvată a şasiului ;

— pentru uşurinţa deplasării postului, greutatea sa trebuie să fie cît mai mică, iar sistemul de deplasare să asigure o rezistenţă redusă la înaintare ; dimensiunile sale de gabarit trebuie să permită deplasarea postului în orice punct de lucru ;

— construcţia postului trebuie să permită deconectarea lui dintr-un loc de funcţionare şi conectarea rapidă după ajungerea la noul loc de instalare ; el trebuie să fie prevăzut cu dispozitivele necesare pentru transport şi revizie ;

— schema electrică a postului trebuie să fie simplă, să conţină minimum de aparate, însă să asigure securitatea în exploatare şi posibilitatea racordării la reţea în toate situaţiile care se pot ivi în practică ;

— la racordarea postului de transformare la reţea trebuie ţinut seamă de necesitatea reglării cu uşurinţă a tensiunii în funcţie de căderea de tensiune din punctul respectiv ; din acest motiv transformatoarele de 100—300 kVA utilizate trebuie să fie prevăzute cu comutator de reglare a tensiunii.

Personalul de deservire, neavînd în general calificare ridicată, măsurile de protecţia muncii trebuie să fie riguroase ; postul de transformare trebuie să fie prevăzut cu diferite dispozitive mecanice de blocare, prize de pămînt de rezistenţă mică, plasă de protecţie, avertizoare etc.

În lucrarea [2] se descrie un post mobil de transformare de 50 kVA—15/0,4 kV, realizat în R.P.P. pentru folosirea lui în condiţii rurale. Transformatorul, cu aparatajul de protecţie şi conexiune, este montat pe o caroserie executată în întregime din oţel. Fixarea echipamentului se face rigid, suspensia întregului ansamblu asigurîndu-se cu ajutorul arcurilor lamelare. Pentru deplasare, postul este prevăzut cu patru roţi cu bandaje late de oţel.

Schema sa de principiu este reprezentată în figura 1. Siguranţele de înaltă tensiune de pe acoperiş sînt legate, prin conductoare neizolate, de cîrligele de la izolatoarele montate pe un cadru rabatabil. Acest cadru, protejat cu o plasă metalică de eventualele atingeri în timpul transportului, este culcat pe acoperiş, iar în timpul funcţionării este ridicat în poziţie verticală. Racordarea bornelor cadrului la bornele separatorului aerian, montat pe un stîlp al liniei de înaltă tensiune, ambele prevăzute cu cîrlige speciale, se face prin trei conductoare scurte, prevăzute cu ochiuri la capete, cu ajutorul unor prăjini izolante. Pentru legarea la pămînt a postului s-a propus a se folosi priza de pămînt de la stîlpul de racordare, în cazul stîlpilor de beton cu prize. Aceste posturi se

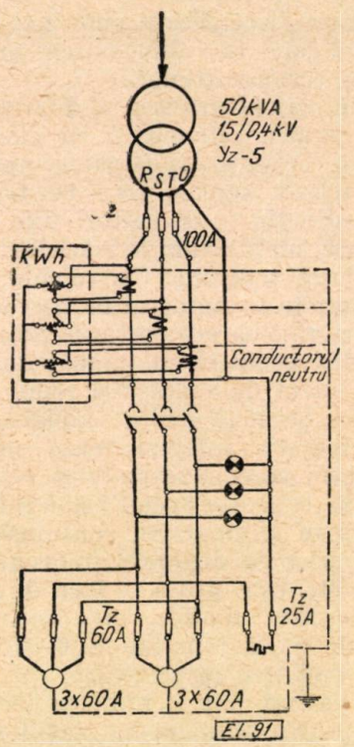


Fig. 1. Schema de principiu a postului mobil de transformare 50 kVA — 15/0,4 kV, realizat în Republica Populară Polonă.

racordează numai la stîlpii prevăzuţi cu separatoarele descrise.

Un post de transformare mobil în execuţie tropicalizată, de 135 kVA—6,6/0,42/0,13 kV,

realizat în U.R.S.S., este descris în [3]. Deplasarea lui se face pe sanie. Partea sa constructivă este redusă la minimum; transformatorul şi tabloul se fixează direct pe sanie, fără a se mai construi cabine speciale. Două paravane rabatabile formează un acoperiş care protejează postul contra razelor soarelui în timpul funcţionării, iar în timpul transportului sînt rotite, formînd apărători ale radiatoarelor transformatorului. O atenţie deosebită este dată condiţiilor constructive specifice climatului tropical.

Greutatea postului este de 1 900 kg, iar dimensiunile sale de gabarit sînt următoarele: lungimea, 2 100 mm; lăţimea, 1 300 mm; înălţimea 1 900 mm.

În [4] este descris un post de transformare, cu caroserie auto pe şasiu şi roţi de automobil. Astfel de posturi s-au construit în R.D.G. pentru puteri de 200—800 kVA şi tensiuni de 10—20/0,4 kV.

Postul se poate racorda pe partea de înaltă tensiune, prin cabluri flexibile, la o reţea aeriană sau subterană. Dispoziţia aparatajului de înaltă şi joasă tensiune în interiorul postului este arătată în figura 2. Aparatajul de joasă tensiune (format din aparate de manevră, protecţie, măsură şi dispozitive de semnalizare, cum şi redresorul pentru alimentarea bateriei de 12 V) este montat într-o celulă capsulată prefabricată. Postul mai are o încăpere pentru piese de schimb, scule şi stingătorul de incendiu.

În lucrarea [5] este descrisă o microstaţie de transformare tip cutie realizată în R.S.C.; dimensiunile foarte mici ale postului (suprafaţa de bază nedepăşind $1{,}5 \times 1{,}5$ m^2 la un transformator pînă la 250 kVA) îl face indicat în

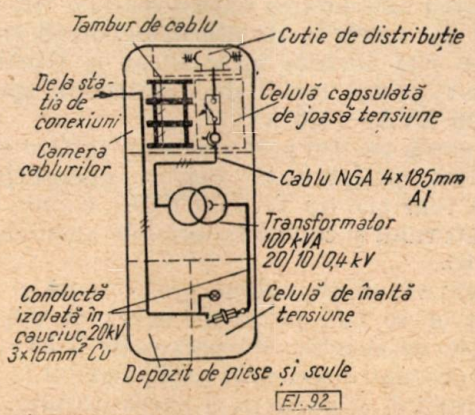


Fig. 2. Dispoziţia aparatajului de înaltă şi joasă tensiune în interiorul postului de transformare 200—800 kVA—10—20/0,4 kV, realizat în Republica Democrată Germană.

cazul alimentării consumatorilor provizorii. O secţiune prin cutia unui transformator de 10/0,4 kV este dată în figura 3.

În cutia legată solidar cu transformatorul sînt amplasate aparatele de conectare, de protecţie şi măsură. De obicei se utilizează numai un ampermetru pentru măsurarea curentului şi trei lămpi de semnalizare pentru indicarea tensiunii; dacă se cer şi contoare electrice, se foloseşte cutia adiţională *4*. Partea de

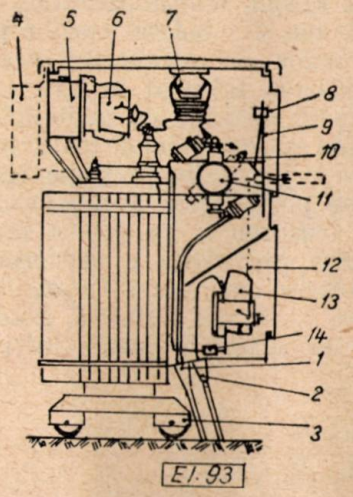


Fig. 3. Secţiune prin microstaţia de transformare tip cutie 250 kVA—10/0,4 kV, realizată în Republica Socialistă Cehoslovacă:

1 — cutie terminală de cablu de înaltă tensiune; *2* — cutie terminală de cablu de joasă tensiune; *3* — şasiul transformatorului; *4* — cutie pentru contoare; *5* — conservatorul de ulei; *6* — transformator de măsură a tensiunii pe partea de înaltă tensiune; *7* — transformator de măsură a curentului pe partea de înaltă tensiune; *8* — ampermetru; *9* — placă protectoare din plexiglas; *10* — siguranţă de înaltă tensiune; *11* — separator rotativ; *12* — blocarea mecanică a separatorului cu întreruptorul automat; *13* — întreruptor automat de protecţie; *14* — transformator de măsură a curentului pe partea de joasă tensiune.

înaltă tensiune a transformatorului se deconectează cu separatorul *11*, care pe partea rotativă poartă siguranţele *10*; acestea pot fi înlocuite atunci cînd separatorul este deconectat după scoaterea plăcii de protecţie din plexiglas *9*. Ieşirile de joasă tensiune sînt protejate cu un întreruptor automat *13* cu releu termic şi releu maximal. Blocarea mecanică între întreruptorul automat de joasă tensiune şi separator face imposibilă deconectarea separatorului, în stare conectată a întreruptorului automat. Aceste posturi de transformare pot fi pînă la 60% mai ieftine decît posturile obişnuite de aceeaşi putere [5].

Un post de transformare pe vagoane de cale ferată de $2 \times 1{,}6$ MVA—6/0,5 kV, realizat în R.D.G., este descris în lucrarea [6].

Autorii acestui articol au fost preocupaţi de proiectarea şi realizarea unor tipuri de posturi mobile de transformare; patru dintre acestea sînt descrise în continuare. Astfel în cadrul Întreprinderii regionale de electricitate-Bacău s-au proiectat două posturi mobile de transformare pe sanie, destinate alimentării utilajelor de îmbunătăţiri funciare (excavatoare, pompe), ateliere provizorii, betoniere etc.

Sania a fost realizată din profile U şi platbenzi, astfel încît suprafaţa totală de sprijinire

să corespundă la o presiune pe sol de 0,35—0,36 kgf/cm².

Schiţa de ansamblu a postului de 100 kVA 15/0,4 kV, destinat şantierelor cu mult praf, este reprezentată în figura 4. Pe sanie sînt amplasate cabina transformatorului, cabina de joasă tensiune şi scheletul metalic pentru fixarea aparatelor de comutaţie. Aparatajul de înaltă tensiune, fabricat în ţară, este montat pe un suport metalic, cu posibilităţi de rabatare. În faţa aparatajului de înaltă tensiune este prevăzută o plasă de protecţie care, de asemenea, are posibilităţi de rabatare. Pe cabina de joasă tensiune şi pe cabina transformatorului a fost prevăzută o platformă izolantă pentru diferite manevre. Cabina transformatorului are ventilaţie naturală, fiind prevăzută cu plasă de sîrmă la partea inferioară şi cu

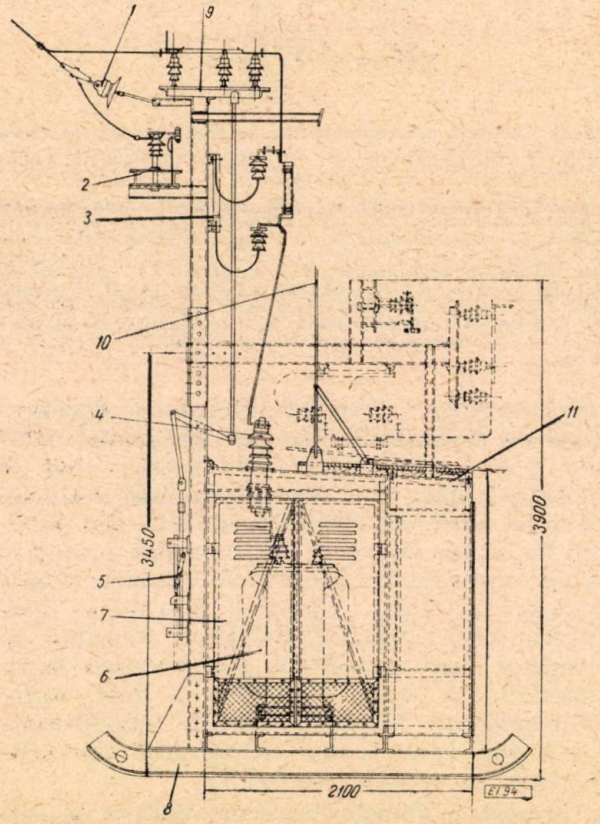


Fig. 4. Schiţa de ansamblu a postului de transformare 100 kVA —15/0,4 kV:

1 — izolator de suspensie cu capă; *2* — descărcătoare tubulare DTF 15 kV; *3* — suport trifazat pentru siguranţe fuzibile de exterior; *4* — izolatoare d trecere; *5* — dispozitiv de acţionare separator; *6* —transformator de forţă; *7* — cabina transformatorului de joasă tensiune; *8* — sanie; *9* — separator tripolar de exterior 15 kV; *10* — plasă de protecţie rabatabilă; *11* — platformă de lemn.

jaluzele la partea superioară. Acţionarea separatorului se face cu ajutorul unui dispozitiv, montat pe suportul metalic cu ajutorul unei articulaţii intermediare. Înălţimea maximă a postului în stare de funcţionare este de 5,7 m, iar la transportarea lui —3,9 m. Greutatea postului este de circa 3,2 t.

Schema electrică a postului este reprezentată în figura 5. Protecţia se realizează cu ajutorul siguranţelor fuzibile. Racordarea la reţea se face prin trei conductoare flexibile izolate, de

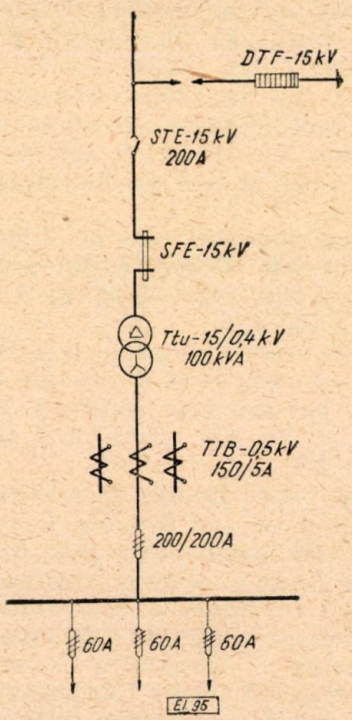


Fig. 5. Schema electrică a postului de transformare 100 kVA—15/0,4 kV.

înaltă tensiune, cu ajutorul a trei tije cu cleme de prindere, ca la scurtcircuitoare, creîndu-se astfel posibilitatea racordării fără scoaterea de sub tensiune a reţelei. Instalaţia de punere la pămînt este formată din ţăruşi de oţel cornier şi platbandă.

Pentru alimentarea excavatoarelor SE-3, utilizate la lucrările de hidroameliorații care se fac pe rîul Bistriţa între Bicaz şi Bacău, s-a realizat postul mobil de construcţie specială, de 800 kVA—15/6 kV.

Pe sania acestui post sînt amplasate o cabină metalică prefabricată pentru aparatajul de înaltă tensiune tip TCME(CETA), cabina transformatorului şi cabina bateriei de acumulatoare (fig. 6).

Legătura dintre cabina prefabricată şi transformator se face printr-un cablu de cupru cu izolaţie de cauciuc. Pe partea de 6 kV postul este racordat direct prin cablu flexibil la celula de manevră şi protecţie a excavatorului. Datorită cablului lung de legătură (circa 250 m) dintre post şi celula excavatorului, deplasarea se face o dată la 3—4 zile, cu ajutorul unui tractor S-80. Greutatea postului este de circa 7,5 t.

Aceste posturi au dat rezultate satisfăcătoare în exploatare. Pentru alimentarea utilajului de excavaţie s-au executat în anul 1951, o serie de posturi de transformare pe roţi cu

bandaje de metal, fără suspensie, în cabine metalice, deoarece posturile utilizate anterior pe tălpi, în cabine de lemn, au dus la incendii. Pentru adaptarea la declivităţile terenului, aceste posturi aveau osia din faţă articulată. Din punct de vedere electric schema acestor posturi era foarte simplă, avînd pe partea de joasă tensiune numai protecţie cu siguranţe fuzibile, iar pe partea de înaltă tensiune — cadru cu siguranţe. Ele nu aveau dispozitive de cuplare sub tensiune, racordarea făcîndu-se prin cablu de cauciuc, de obicei de la celulele de 6 kV ale excavatoarelor care funcţionau direct la această tensiune. Nu aveau instalaţii de măsură atît din lipsa aparatajului, cît şi datorită faptului că posturile, neavînd suspensie, aparatele de măsură s-ar fi degradat.

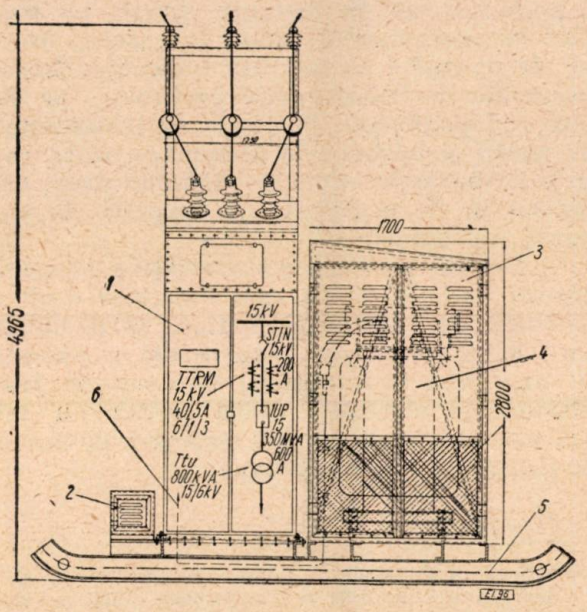


Fig. 6 Schiţa de ansamblu a postului de transformare 800 kVA —15/6 kV, pe sanie, proiectat la Întreprinderea regională de electricitate-Bacău :

1 — cabină prefabricată 15 kV — plecare în cablu tip CELC 15 kV; *2* — cabină pentru acumulatoare; *3* — cabină pentru transformator; *4* — transformator de forţă; *5* — sanie; *6* — cablu de cupru cu izolaţie de cauciuc.

Ca o perfecţionare a acestui tip de post de transformare, în anul 1960 s-a proiectat, la D.S.A.P.C.-Iaşi, un post de transformare pentru laboratorul de îmbunătăţiri funciare al Institutului agronomic-Iaşi, post a cărui descriere o dăm în continuare.

Postul s-a realizat într-o cabină metalică aşezată pe o remorcă obişnuită tip Steagul roşu (cu pneuri şi suspensie). Cabina postului cuprinde celula de înaltă tensiune, transformatorul şi tabloul de joasă tensiune (fig. 7).

Pe partea de înaltă tensiune postul este echipat cu un separator de tip STIN sau cu un separator de sarcină de tip SPTE (utilizarea acestuia din urmă ducînd la micşorarea preţului de cost şi simplificarea manevrelor), siguranţe fuzibile de interior şi descărcătoare (fig. 8).

Transformatorul este de 240 kVA—6/0,4 kV. În caz de necesitate se poate monta echipamentul de 15 kV, nefiind necesare modificări esenţiale, gabaritele fiind corespunzătoare.

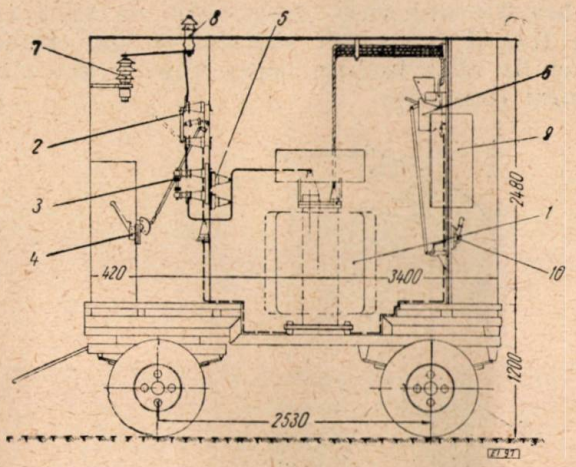


Fig. 7. Schiţa de ansamblu a postului de transformare 240 kVA—6/0,4 kV, pe pneuri, proiectat la DSAPC-Iaşi :

1 — transformatorul; *2* — separator tripolar de interior; *3* — siguranţă fuzibilă de interior; *4* — dispozitiv de acţionare pentru separator; *5* — izolator suport; *6* — întreruptor automat în ulei; *7* — descărcător cu rezistenţă variabilă; *8* — izolator de trecere interior-exterior; *9* — cutie de distribuţie de joasă tensiune; *10* — manetă de acţionare.

S-a prevăzut un sistem special de blocaj între maneta separatorului şi uşile de la camera transformatorului şi de la echipamentul de înaltă

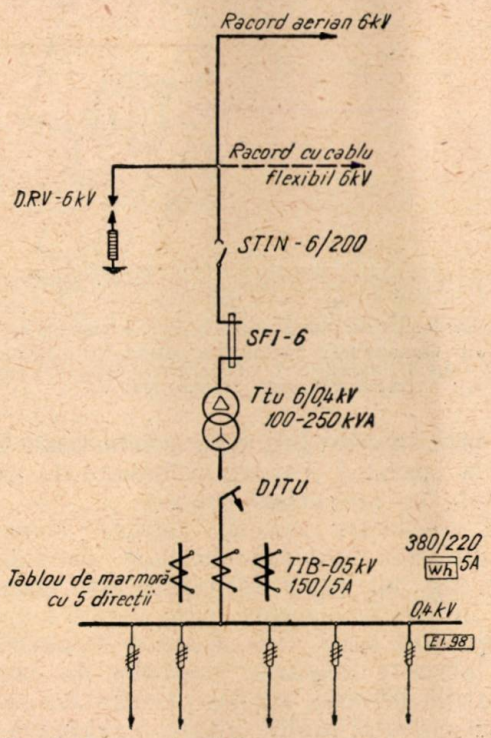


Fig. 8. Schema electrică a postului de transformare 240 kVA—6/0,4 kV.

tensiune. Acest blocaj împiedică deschiderea uşilor în cazul cînd aparatajul este sub tensiune, cum şi închiderea separatorului cît timp uşile sînt deschise.

Pentru racordarea la linia de înaltă tensiune s-au prevăzut două posibilităţi :

— prin intermediul unui cablu flexibil de 6 kV tip ГТШ sau ГТХ de 3×25 mm², de fabricaţie sovietică (acest cablu se înfăşoară în timpul deplasării postului pe un tambur metalic aflat într-un compartiment din interiorul carcasei) ;

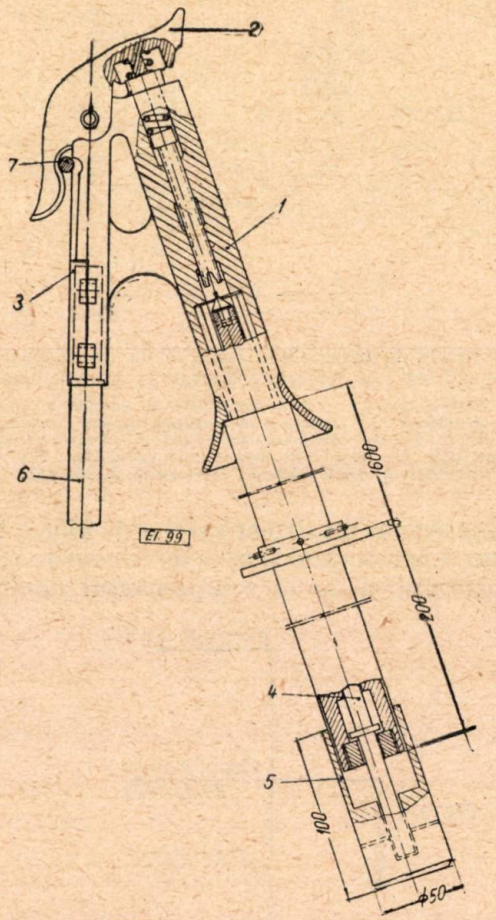


Fig. 9. Dispozitiv de punere sub tensiune a transformatorului :
1 — corpul dispozitivului ; *2* — falcă de prindere ; *3* — piesă de strîngere ; *4* — tijă de acţionare ; *5* — mîner de acţionare ; *6* — cablu ; *7* — conductorul reţelei de înaltă tensiune.

— prin intermediul unor conductoare racordate la aparataj şi a trei izolatoare de trecere, montate pe acoperişul cabinei.

Un dispozitiv special permite conectarea postului fără întreruperea liniei de sub tensiune (fig. 9). Acest dispozitiv este constituit dintr-un cleşte cu resort, care poate fi manevrat cu ajutorul unei tije izolante detaşabile, şi care permite reglarea presiunii de contact. Operaţiile descrise se pot executa de pe acoperişul postului mobil, unde s-a prevăzut şi un parapet de protecţie rabatabil.

Punerea la pămînt se face cu ajutorul unei prize formată din mai mulţi electrozi din ţeavă de fier, care se pot demonta. Introducerea electrozilor în pămînt se face prin înşurubare, fiind prevăzuţi cu o spirală din bandă de oţel.

Postul poate fi utilizat la alimentarea cu energie electrică a pompelor (acestea putîndu-se remorca o dată cu postul), a excavatoarelor pînă la 1 m³, a elindelor electrice utilizate la hidroamelioraţii, pe şantierele de construcţii de scurtă durată etc *.

Concluzii

— Construcţia şi utilizarea posturilor mobile de transformare devin rentabile în comparaţie cu a celor fixate, în cazul duratelor scurte de funcţionare, pe un amplasament (consumatori sezonieri, provizorii, cu deplasări frecvente etc.).

— In cazul deplasării posturilor de transformare de putere mijlocie la distanţe mari este recomandabilă construcţia pe pneuri. Posturile de transformare pe sanie sînt indicate în cazul deplasărilor rare pe distanţe scurte, pe terenuri cu neregularităţi mici. In cazul şantierelor de pe malul apelor este indicată utilizarea posturilor de transformare plutitoare (pe şlepuri sau pontoane). Posturile de transformare de puteri şi tensiuni de alimentare mari, care trebuie deplasate rapid pe distanţe mari, este indicat să fie construite pe vagoane de cale ferată sau trailere.

— Măsurile de tehnica securităţii şi protecţia muncii trebuie să fie mai riguroase decît la posturile de transformare fixe, fiind obligatorii blocajele mecanice între uşi şi aparataj şi chiar între întreruptorul automat de joasă tensiune şi separator (dacă postul nu este echipat cu întreruptor sau separator de sarcină pe partea de înaltă tensiune).

Bibliografie

[1] *Selişcev, A.N.* Condiţiile tehnice pe care trebuie să le îndeplinească posturile de transformare mobile în execuţie antigrizutoasă pentru minele de cărbuni. În : Ugol, **33**, nr. 12, dec 1958, p. 25—29 (Electrificare şi electrotehnică, caiet selectiv. Bucureşti, I.D.T., nr. 10, 1960, p. 39—45).

[2] *Niekrasov, W.* Un post mobil de transformare pentru sate. În : Wiadomosci Elektrotechniczne, nr. 10, 1953, p. 231—233 (Electrificare şi electrotehnică, caiet selectiv, Bucureşti, I.D.T., nr. 4, 1954, p. 26—30).

[3] *Ter-Zakarian, J.N., Movsesian, K.A.* şi *Egikian, K.A.* Peredvijnaia transformatornaia podstanţiia tropicesko**g**o ispolnenia. În : Vestnik electropromîşlennosti, **31**, nr. **4**, 1960, p. 36—38.

[4] Fahrbare, luftbereifte Transformatorenstation. În : Deutsche Elektrotechnik, **12**, nr. 3, 1958. U. 44—45 (Staţie de transformare mobilă pe autovehicule, Electrificare şi electrotehnică, caiet selectiv. Bucureşti, I.D.T., nr. 12, 1958, p. 64).

[5] Microstaţie de transformare tip cutie. În : Elektrotechnik **XIV**, nr. 6, iun 1959, p. 197 (Electrificare şi electrotehnică, caiet selectiv, Bucureşti, I.D.T., nr. 3, 1960, p. 58).

[6] *Kramer, K.* Staţii de transformare mobile. În : Elektrie, **14**, nr. 2, 1960, p. 63—67 (Energetică, electrificare, electrotehnică, caiet selectiv. Bucureşti, I.D.T., nr. 1, 1961, p. 47—54).

Intrat în redacţie la 25.XII.1963.

Ultimul proiect a fost realizat cu participarea şi a tov. ing. E. Deutsch de la D.S.A.P.C.-Iaşi şi a tov. conf. A. Blidaru de la I.A.I.

Considerente asupra duratei de viață a rezistențelor frigiderelor FRAM

Constantin Antohi și **Bruno Marcus** * — București

CZ 621.316.842.004.5

Energia termică necesară funcționării agregatelor frigorifice cu absorbție din componența frigiderelor FRAM este debitată de rezistențe din sîrmă de crom-nichel, introduse în tuburi construite din ceramică aluminoasă (fig. 1).

Se fabrică rezistențe atît pentru tensiunea de 110 V, cît și pentru aceea de 220 V. Deoarece majoritatea rețelelor de distribuție a energiei electrice la locuințe funcționează în prezent cu tensiunea de 220 V și ținînd seamă de tendința de înlocuire treptată a tensiunilor menajere de 110 (127) V, prin 220 V, ne vom ocupa în continuare numai de rezistențele pentru 220 V.

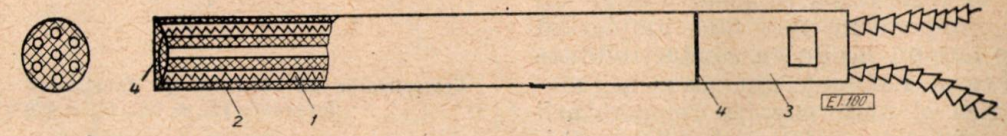


Fig. 1. Rezistența electrică a frigiderului cu absorbție tip „FRAM" :
1 — rezistență din Cr-Ni ; *2* — tub ceramic ; *3* — distanțor din ceramică ; *4* — chit special pentru închidere.

Toate rezistențele sînt proiectate cu o putere de 145 W, în cazul celor destinate a funcționa la 220 V, admițîndu-se o densitate medie a curentului circa 50 A/mm².

După diagrama din figura 2, o asemenea densitate de curent ar provoca o încălzire a firului rezistiv la circa 100° C, cu condiția amplasării acestuia rectiliniar în aer liniștit [1].

La rezistența de frigider însă firul rezistiv fiind spiralizat pe un dorn cu diametrul de

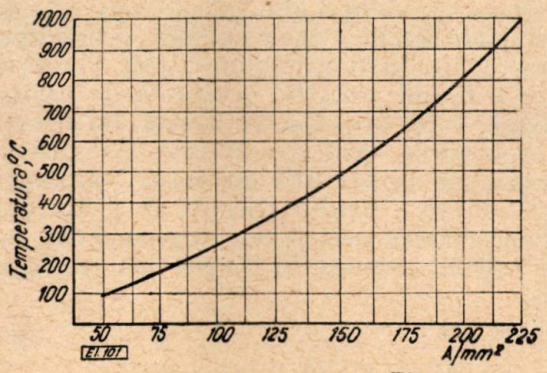


Fig. 2. Variația temperaturii unui fir rezistiv (diametru 0,13 mm) din crom-nichel (80 % Ni și 20 % Cr) în funcție de densitatea de curent admisă (fir rectiliniu amplasat orizontal în aer liniștit cu temperatura de 20±5°C).

2,5 mm, iar pasul spirei fiind aproximativ 0,5 mm, temperatura măsurată cu un pirometru optic, în cazul amplasării în aer liniștit și la o densitate a curentului de 50 A/mm, este de ordinul a 600÷700° C. Se apreciază cu certitudine că amplasarea spirelor în canalele cilindrice din tuburile ceramice duce la o creștere suplimentară a temperaturii firului rezistiv cu cel puțin 100° C. La temperaturile de ordinul 700—800° C procesul de oxidare a rezistorului din crom-nichel amplasat în aer este destul de activ și durata de viață în cazul funcționării normale în agregat nu depășește, în general, 10 000 h. Se cunosc cazuri cînd unele rezistențe de acest tip s-au distrus abia după circa 3 000 h de funcționare în agregat. Acestea se pot explica datorită existenței unor defecte inevitabile de trefilare (variații ale diametrului sîrmei — gîtuiri — incluziuni de particule străine etc.), care, ducînd la supraîncălziri locale, favorizează dezvoltarea în avalanșă a procesului de oxidare (stratul de oxid care apare pe suprafața conductorului micșorează secțiunea utilă a acestuia, făcînd să crească densitatea de curent și, respectiv, temperatura locală care, la rîndu-i, provoacă o accelerare a procesului de oxidare.

Se știe că relația dintre gradientul de temperatură și căldura transmisă se poate exprima prin ecuația [2] :

$$dQ = -\lambda \frac{\partial \theta}{\partial n} d F . dt \qquad (1)$$

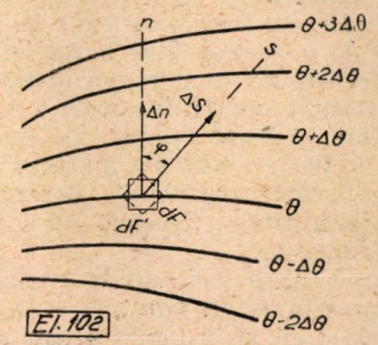


Fig. 3. Izotermele unui cîmp de temperaturi staționar.

Respectiv, cantitatea de căldură dQ, care trece printr-o arie elementară dF a unei suprafețe izoterme, în unitatea de timp (fig. 3), este di-

* *C. Antohi* este ing. principal, iar *B. Marcus*, șef de laborator la I.C.P.E.

rect proporțională cu coeficientul de conductibilitate termică λ al mediului în care are loc procesul de transmitere a căldurii și cu valoarea gradientului de temperatură $\frac{\partial\theta}{\partial n}$.

Totodată se poate scrie:

$$dQ = Pdt = k_s I^2 R\,dt = -\lambda \frac{\partial\theta}{\partial n} dF.dt, \quad (2)$$

unde:

I este valoarea eficace a curentului admis prin rezistor, A;
R — rezistența activă, Ω;
k_s — coeficientul de pierderi suplimentare.

Din ecuația (2) se deduce:

$$\frac{\partial\theta}{\partial n} = -\frac{k_s I^2 R}{\lambda\, dF}. \quad (3)$$

Rezultă că, menținînd constanți parametrii constructivi ai rezistenței, se poate obține un gradient de temperatură mai mic, amplasînd firul rezistiv într-un mediu cu conductibilitate termică mai mare. Existența unui asemenea mediu ar favoriza și uniformizarea temperaturii de-a lungul rezistorului, micșorînd astfel posibilitatea de întrerupere a lui din cauza supraîncălzirilor locale provocate de defectele de laminare.

Pentru a demonstra aceasta în mod practic, la I.C.P.E. s-au experimentat zece rezistențe similare celei din figura 1, admițîndu-se însă o densitate a curentului de 75 A/mm² (la secțiunea medie de 0,0132 mm² a rezistorului s-a admis un curent de 1 A la 220 V).

Canalele din corpul ceramic s-au umplut la trei din rezistențe cu nisip fin (granulație sub 0,12 mm), la altele trei cu magnezită (granulație sub 0,06 mm), iar patru s-au asamblat normal ca la cele din fabricația curentă, canalele în care s-a introdus firul rezistiv fiind lăsate cu aer. Tasarea nisipului și a magnezitei s-a făcut cu ajutorul unei mese vibratoare acționată de un electromagnet (amplitudinea vibrațiilor, 0,2 mm și frecvența 100 Hz, timp de vibrare circa un minut).

Rezistențele au fost alimentate în paralel cu 220 V de la o aceeași fază a rețelei electrice, fiind astfel supuse unui regim identic.

Ciclul stabilit pentru încercări a fost: 8 ore sub tensiune, 16 ore repaus. La reconectarea la rețea, de fiecare dată s-a măsurat rezistența ohmică a fiecărei rezistențe, determinîndu-se atît variația în timp a acesteia, cît și momentul ieșirii din funcțiune.

Rezultatele medii obținute în urma măsurărilor sînt prezentate în figura 4 și în tabela 1.

În tabela 1 cît și în figura 4 sînt prezentate numărul de ore în care rezistențele au fost sub tensiune; nu s-au luat în considerație orele de pauză.

Rezultatele foarte disparate obținute în cazul rezistențelor cu aer se explică prin existența unor defecte de trefilare (așa cum s-a arătat), defecte care sînt scoase în evidență de procesul mai rapid de oxidare.

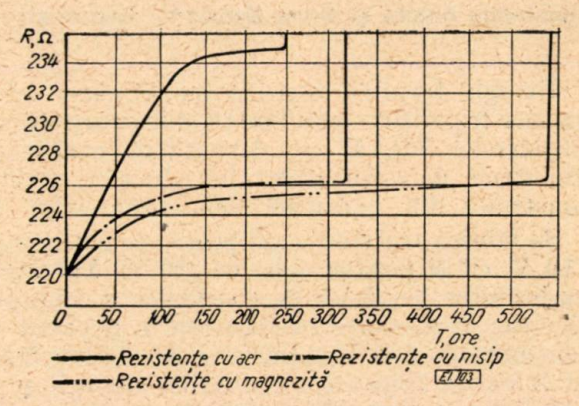


Fig. 4. Variația rezistenței ohmice medii a rezistențelor, în funcție de numărul de ore de funcționare cu o densitate a curentului de 75 A/mm².

Tabela 1

Centralizator cu durata de funcționare a rezistențelor încercate ($I_n = 1$A; $U_n = 220$ V)

	Felul rezistențelor		
	cu aer	cu nisip	cu magnezită
Durata de funcționare, h	55 80 240 250	270 270 320 —	472 520 600 —
Media	156	286	530

Oxidarea mult mai rapidă a firului rezistiv din rezistențele cu aer rezultă și din figura 4. Creșterea rezistenței ohmice a acestora este mult mai mare decît a celor cu nisip și magnezită, ceea ce denotă o micșorare rapidă a secțiunii utile a firului rezistiv, provocată de oxidarea intensă care are loc în timpul funcționării.

Procesul de oxidare este mult mai intens la rezistențele cu aer atît din cauza temperaturii mai ridicate a firului rezistiv, cît și din cauza reîmprospătării periodice a oxigenului din canalele tubului ceramic în timpul cînd acesta este rece.

Se știe că:

$$V_t = V_{t_0}[1 + \alpha(t - t_0)]. \quad (3)$$

unde:

V_t este volumul la t°C;
V_{t_0} — volumul la o temperatură oarecare t_0;
$\alpha = \frac{1}{273}$ — coeficientul de dilatație volumică a gazelor pentru fiecare grad Celsius;
$t - t_0$ — diferența de temperatură a gazului.

În cazul nostru, la rezistenţele cu aer, valoarea factorului $(t-t_0)$ fiind de ordinul a 600° C rezultă că în procesul încălzirii rezistenţei, aerul conţinut în interior îşi măreşte volumul de peste trei ori, ieşind din corpul ceramic, şi că la fiecare răcire se reîmprospătează mai mult de 2/3 din oxigenul conţinut în amestecul de gaze.

La rezistenţele cu nisip şi magnezită, această vehiculare a aerului din interiorul lor are loc de asemenea, însă în proporţie mult mai redusă, din cauză că majoritatea spaţiului din canalele tubului ceramic este ocupat de particule de material solid.

Durata medie de funcţionare a rezistenţelor cu magnezită este de 1,85 ori mai mare decît a celor cu nisip, şi de 3,4 ori mai mare decît a celor cu aer. Această durată de funcţionare mai mare este urmarea evidentă a prezenţei în interiorul rezistenţei a unei cantităţi de oxigen relativ mai mici şi, de asemenea, a unei temperaturi mai mici a firului rezistiv care, fiind în contact intim cu granulele de magnezită, are asigurat un transfer rapid al energiei termice spre exterior.

Din literatura [3] de specialitate se vede cum coeficientul de conductibilitate termică al aerului este egal cu 0,0201 kcal/m.°C.h., al nisipului variază între 0,6 şi 1,2 kcal/m.°C.h., iar al magnezitei este egal cu 3,7 kcal/m.°C.h.

Se constată o legătură evidentă între variaţia coeficientului de conductibilitate termică al mediului în care se amplasează firul rezistiv şi durata de funcţionare a acestuia.

În concluzie rezultă că rezistenţele electrice pentru frigiderul FRAM se pot îmbunătăţi, asigurîndu-li-se o durată de viaţă de peste trei ori mai mare decît în prezent, prin introducerea unei pulberi de magnezită în canalele tubului ceramic.

Experimentările au demonstrat eficacitatea folosirii pulberii magnezitice faţă de soluţia aplicată azi — rezistenţa în aer.

Aplicarea soluţiei propuse nu îngreuiază procesul tehnologic de fabricare a rezistenţei, contribuind însă la economicitatea şi siguranţa în exploatare a frigiderului FRAM.

Bibliografie

[1] *Usov, V.V.* şi *Zaimovski, A.S.* Provodnikovîe, reostatnîe i kontaktnîe materiali. Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1957, p. 69—77.
[2] *Babicov, M.A.* Aparate electrice, partea I (traducere din limba rusă). Bucureşti, E.E.S., 1953, p. 243—254.
[3] *Hamburger, L.* Introducere în teoria propagării căldurii, vol. I (traducere din limba germană). Bucureşti, Editura Academiei R.P.R., 1956, p. 47—49.
[4] *Marcus, B.* şi *Antohi, C.* Studiu privind rezistenţa electrică a frigiderului FRAM. Referat I.C.E.T., Bucureşti, 1962.

Intrat în redacţie la 14.XI.1964

Aparat pentru măsurat rezistenţa prizelor de pămînt

Vladimir Malcoci şi Doina Comăniciu * — Bucureşti

CZ 621.317.736 : 621.316.993

Recent, la I.R.M.E. a fost realizat un aparat portativ pentru măsurat rezistenţa prizelor de pămînt, echipat cu tranzistoare.

În articol se prezintă o serie de soluţii folosite la construcţia acestui aparat.

Astfel a fost adoptată soluţia în curent alternativ, cu convertizor-static cu tranzistoare şi un detector de nul, de mare sensibilitate, format dintr-un detector sincron şi un amplificator de curent continuu cu tranzistoare.

Avantajele acestei soluţii sînt redate în tabelele 1 şi 2 care prezintă stadiul actual al aparatelor pentru măsurat rezistenţa prizelor de pămînt, realizate pînă în prezent.

Dificultatea construcţiei unor aparate cu tranzistoare pentru măsurat rezistenţa prizelor de pămînt rezultă din limitarea puterii convertizorului şi a greutăţii.

Din acest motiv aparatele destinate pentru măsurarea rezistenţelor de valori mici trebuie să fie dotate cu un detector cît mai sensibil, ceea ce este greu de realizat, sau să fie prevăzute cu un convertizor de putere mare, ceea ce este nerentabil din punct de vedere economic.

Tabela 1

	Aparate de curent continuu	Aparate de curent alternativ
Avantaje	— simplitate constructivă (alimentare la baterii)	— nu apar erori introduse de curenţii de polarizare — se pot elimina erorile introduse de curenţii vagabonzi, prin utilizarea unui sistem de detecţie sincron
Dezavantaje	— sînt posibile erori introduse de curenţii de polarizare — sînt posibile erori introduse de curenţii vagabonzi	— complicaţii constructive (necesită o sursă de c.a.)

* *V. Malcoci* este inginer principal la I.R.M.E., iar *D. Comăniciu*, inginer principal la Observatorul Astronomic Bucureşti.

Tabela 2

	Aparate cu inductoare și convertizoare rotative	Aparate cu convertizoare statice cu tranzistoare
Avantaje	— se pot obține ușor tensiuni de lucru mari, ceea ce mărește sensibilitatea măsurării	— gabarit redus și greutate mică — se elimină erorile introduse de manipularea incorectă a inductorului — ușor de întreținut
Dezavantaje	— gabarit și greutate mare — sînt posibile erori introduse de operatori la manipularea manetei inductorului în ceea ce privește viteza și uniformitatea de rotație — inductorul se defectează ușor și cere o întreținere atentă	— dificultăți tehnice în realizarea aparatelor destinate pentru măsurări de rezistențe de valori mici

Pentru aceste considerente, pînă în prezent s-au construit aparate care au caracteristicile date în tabela 3.

Tabela 3

Tensiunea de lucru mare, pînă la 1 000 V	Tensiunea de lucru mică, 60 V
Consum mare (acumulatoare)	consum mic: 2 bucăți baterii pătrate de 4,5 V, 0,6 A
Tranzistoare de putere mare	tranzistoare de putere mică
Detector de sensibilitate relativ mică 10^{-4} A	detector de mare sensibilitate: galvanometru cu fir de torsiune (2×10^{-6} A)
Gabarit și greutate reduse	gabarit și greutate reduse
Sensibilitate suficientă pentru a asigura măsura unor rezistențe de ordinul $\times 10^{-1}\ \Omega$, domeniu inferior de măsură	sensibilitate suficientă pentru măsurarea unor rezistențe de ordinul $\times 10\Omega$, domeniu inferior de măsură
Robust și rezistent la șocuri și alte solicitări mecanice	sensibil la șocuri și ușor deteriorabil
	exemplu: norma-model 666 (Austria)

Aparatul realizat la I.R.M.E. prezintă avantajul ambelor sisteme menționate și elimină total dezavantajele acestora. Performanțele tehnice obținute sînt următoarele:

1) domeniul de măsură și valorile limită admise pentru a nu se depăși valoarea de 5%, pentru rezistențele R_S și R_{PA} (tabela 4);

Tabela 4

R_p, Ω	R_S, Ω	R_{PA}, Ω
0—1	1 000	50
0—10	2 500	500
0—100	10 000	1 000
0—1 000	50 000	10 000

2) clasa de precizie 5%, pentru toate domeniile și în limitele tabelei 4;

3) frecvența de lucru 75 Hz;

4) puterea în circuitul de măsură circa 1 W, tensiunea dată de convertizor fiind circa 36 V pe sarcina de 1,3 kΩ;

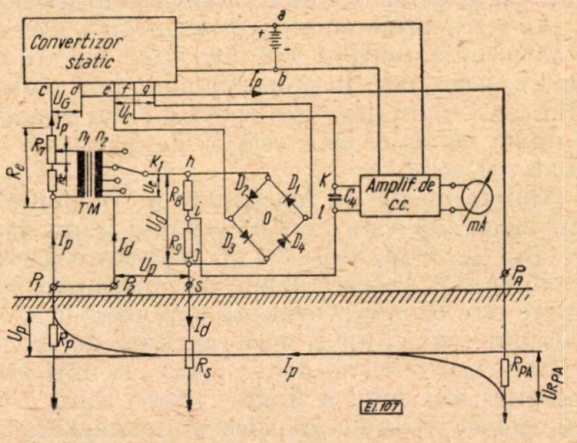


Fig. 1. Schema funcțională a aparatului pentru măsurat rezistența prizelor de pămînt.

5) sensibilitatea detectorului de nul 10^{-6} A, pentru o deviație totală a acului indicator;

6) deriva amplificatorului maximum 5×10^{-8} A, pentru o variație a temperaturii cu 5°C;

7) tensiunea de alimentare 9 V; curentul consumat circa 200 mA;

8) eroarea provocată de curenții vagabonzi, cîmpuri magnetice exterioare, variații de temperatură etc. nu afectează clasa de precizie a aparatului.

Principiul de funcționare. Aparatul a fost conceput, ca o aplicație a metodei de compensație, după schema Behrend [1]. Schema de măsură (fig. 1) cuprinde un generator de tensiune U_g, un potențiometru etalonat R_7, un transformator separator TM, un detector sincron O și bornele P_1, P_2, S și P_A. La bornele S și P_A se conectează electrozi sub forma unor bare metalice, care se introduc în pămînt, iar borna P_1 se leagă la elementul a cărui rezistență trebuie măsurată.

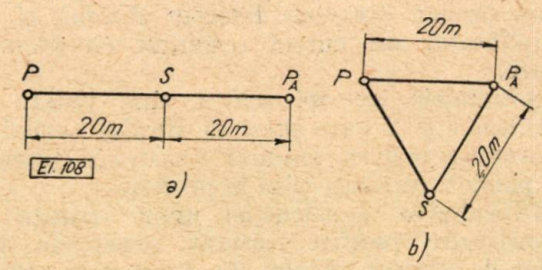


Fig. 2. Modul de amplasare a sondei și prizei auxiliare.

Electrozii se așază, față de priză, fie ca în figura 2, *a* (adică în linie dreaptă), fie în triunghi (fig. 2, *b*).

Distanțele date pot fi considerate ca valori medii ale celor obținute în practica obișnuită.

Dacă nu se dispune decît de distanțe mai mici, se modifică distanța dintre electrozi și se repetă măsurările. Dacă valorile măsurărilor realizate sînt aproximativ egale, este un semn că distanțele alese sînt suficient de mari.

Curentul I_p injectat de generator în pămînt produce pe rezistența electrodului P_A și pe priza P_1 (este vorba de rezistențele de punere la pămînt ale acestor electrozi) căderile de tensiune U_{PA} și respectiv U_p.

În jurul electrozilor potențialul se distribuie în formă de pîlnie, după o lege exponențială (figura 1). Din această cauză, pentru a avea o precizie mare de măsură, distanța dintre electrozi se ia cît mai mare. Astfel, la centuri de legare la pămînt distanțele se iau : $d = 1{,}5\ D$, în care D este dimensiunea maximă din perimetrul centurii.

Curentul I_p produce pe potențiometrul de măsură o tensiune etalon U_e, care se compară cu tensiunea U_p, iar diferența $U_p - U_e$ se aplică la detectorul de nul. Transformatorul TM are aici rolul de separator, iar raportul său de transformare determină scara de măsură (după cum va rezulta mai jos). Este important ca acest transformator să nu introducă un defazaj care ar produce o eroare. Această condiție este ușor de realizat, deoarece rezistența înfășurării primare este foarte mică în comparație cu reactanța primară, iar secundarul lucrează, practic, în gol. Pe rezistența sondei R_S nu apare o cădere de tensiune importantă, întrucît în jurul echilibrului curentul ce trece prin aceasta are o valoare foarte mică.

Tensiunea la intrare în detector are următoarea expresie :

$$U_d = U_p - U_e . \qquad (1)$$

Cînd se realizează echilibrul prin compensare $U_d = 0$ și $U_e = U_p$.

Urmărind elementele schemei funcționale (fig. 1) se scrie expresia tensiunii U_e după cum urmează :

$$U_e = R_7 \cdot \frac{n}{m+n} \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{U_G}{R_e + R_p + R}, \qquad (2)$$

unde :

R_7 este valoarea potențiometrului etalon ;

$\frac{n}{m+n}$ — raportul de divizare a potențiometrului R_7 ;

$\frac{n_2}{n_1}$ — raportul de transformare a transformatorului TM ;

U_G — tensiunea convertizorului ;

R_e — rezistența echivalentă a grupului R_4, R_5, R_6 și R_7 din figura 3.

În mod analog se scrie expresia tensiunii U_p :

$$U_p = \frac{U_G \cdot R_p}{R_e + R_p + R_{PA}} . \qquad (3)$$

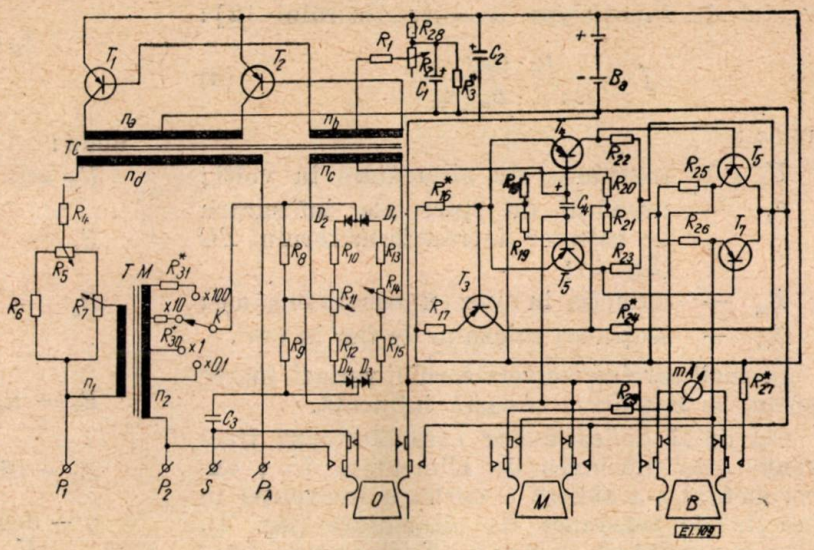


Fig. 3. Schema de principiu a aparatului pentru măsurarea rezistenței prizelor de pămînt.

Înlocuind expresiile (2) și (3) în relația (1) se obține :

$$U_d = \left(R_p - R_7 \cdot \frac{n}{m+n} \cdot \frac{n_2}{n_1} \right) \cdot \frac{U_G}{R_e + R_p + R_{PA}} . \qquad (4)$$

La compensare, cînd $U_d = 0$, rezultă condiția de echilibru :

$$R_p = R_7 \cdot \frac{n}{m+n} \cdot \frac{n_2}{n_1} . \qquad (5)$$

În concluzie, potențiometrul de măsură R_7 poate fi gradat direct în valorile de rezistență a prizei de pămînt, iar raportul de transformare $\frac{n_2}{n_1}$ determină factorul de multiplicare, care se citește pe cadranul potențiometrului.

Acest lucru este foarte avantajos pentru realizarea unui aparat cu mai multe domenii de măsură în decade. Aparatul construit de I.R.M.E. cuprinde patru domenii de măsură (0—1 Ω ; 0—10 Ω ; 0—100 Ω și 0—1 000 Ω), potențiometrul fiind gradat în 10 diviziuni mari, iar transformatorul prevăzut cu patru prize care determină factorul de multiplicări ($\times 0{,}1$; $\times 1$; $\times 10$; $\times 100$).

Tensiunea alternativă care alimentează schema de măsură este dată de un convertizor static, construit cu două tranzistoare de mică putere T_1 și T_2 (figura 3) (EFT-321) în contratimp, puterea utilă fiind 1 W, iar randamentul aproximativ 0,85.

Pentru ca aparatul să nu fie afectat de curenții vagabonzi, datorită rețelelor de 50 Hz, convertizorul lucrează pe frecvența de 75 Hz.

Pot exista abateri de la această frecvență, datorită atît variației sarcinii convertizorului cît și tensiunii de alimentare.

Acest lucru rezultă clar din expresia frecvenței de funcționare a convertizorului [2]:

$$f = \frac{U_0 \cdot 10^{-8}}{4{,}4\ n_c \cdot B_m \cdot S_m}, \qquad (6)$$

unde:

U_0 este tensiunea de alimentare în volți;

n_c — numărul de spire ale înfășurării de colector a transformatorului TC (fig. 3);

B_m — inducția în miez exprimată în gauși;

S_m — secțiunea miezului de fier în cm².

Întrucît sarcina convertizorului variază foarte puțin, se neglijează această influență.

Cel de-al doilea factor care afectează frecvența este tensiunea de alimentare U_0; experimental s-a ridicat o curbă a frecvenței în funcție de tensiunea de alimentare (fig. 4). De aici rezultă că, pentru a nu atinge zona frecvențelor în care perturbațiile produse de curenții vagabonzi de 50 Hz și armonicile lor să influențeze măsurarea, este necesar ca tensiunea bateriei de alimentare să nu depășească anumite limite impuse, iar aparatul să fie prevăzut cu un presbuton B, la apăsarea căruia se verifică tensiunea de alimentare, ceea ce, obligatoriu, trebuie să se facă înaintea oricărei măsurări.

Detectorul de nul (fig. 3) este compus dintr-un redresor sincron de tip inel [3], format din patru diode cu germaniu de tipul EFD-108,

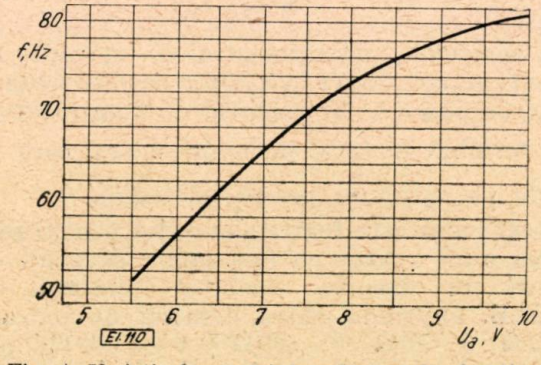


Fig. 4. Variația frecvenței de măsurare în funcție de tensiunea de alimentare.

notat în schemă cu D_1, D_2, D_3, D_4 și dintr-un amplificator de curent continuu cu cinci tranzistoare T_3—T_7, de tipul EFT-308 și un instrument de 0,5 mA.

Detecția este necesar să se facă sincron și în fază cu tensiunea dată de convertizor, pentru a elimina orice tensiuni perturbatoare.

Comanda detectorului se face de la convertizor, prin înfășurarea n_c a transformatorului T_{rc} (fig. 3). În prima semiperioadă se deschid diodele D_1 și D_2, iar în următoarea D_3 și D_4. În ambele semiperioade, curentul măsurat trece în același sens prin detector, iar valoarea lui va fi [3]:

$$I_d = \frac{2 \cdot 0{,}45 \cdot U_d}{R_i + \frac{R_d}{2} + \frac{R_I}{4} + R_8} \cdot \cos\varphi, \qquad (7)$$

unde:

U_d este tensiunea de intrare în detectorul sincron, relația (4);

R_i — rezistența de intrare a amplificatorului;

R_d — rezistența internă a diodelor $D_1 - D_4$ în sensul de conducție;

$$R_I = R_{13} + \frac{1}{2} R_{14} = R_{10} + \frac{1}{2} R_{11};$$

R_8 — (fig. 3);

φ — defazajul dintre tensiunea de comandă U_c și tensiunea detectată U_d.

În figura 5 a și b sînt reprezentate fazele de funcționare a detectorului și ilustrate grafic cazurile pentru care tensiunea de măsură U_d și cea de comandă U_c se află într-un raport oarecare ca frecvență și fază (fig. 5 c, d, și e).

Relația (7) determină curentul prin detector în cazul în care tensiunile U_c și U_d au aceeași frecvență, însă diferă ca fază. Graficele care corespund acestei situații sînt date în figura 5 c.

Pentru cazul în care frecvențele f_c și f_d ale tensiunilor U_c și U_d sînt într-un raport oarecare, valoarea medie obținută prin detecție va fi:

$$I_{d\ med} = \lim_{n \to \infty} \frac{I_{od}}{2\,n\,T_c} \sum_{k=0}^{n} \int_{2\,k\,T_c}^{2\,(k+1)\,T_c} \sin\omega_d\, dt, \qquad (8)$$

de unde rezultă la limită două cazuri posibile:

a) cînd $T_c = T_d$; $\quad I_{med} = 0$; (9)

b) cînd $T_c = T_d$; $\quad I_{med} = \frac{I_{od}}{\pi}$. (10)

Din considerațiile de mai sus rezultă că detectorul sincron, construit după schema de mai sus, nu lasă să treacă decît tensiunea prevenită din circuitul de măsură U_d, care este în sincronism cu tensiunea de comandă U_c.

Semnalul obținut la ieșirea din detectorul sincron este amplificat cu un amplificator de curent continuu și aplicat la un instrument indicator de nul, de tip miliampermetru, cu zero central. Sensibilitatea aparatului este de $\pm$ 0,5 mA, iar cadranul se gradează cu 50 de diviziuni în ambele sensuri.

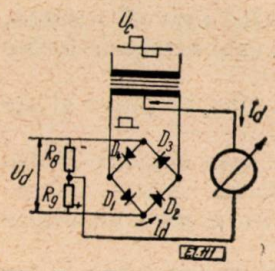


Fig. 5 a. Funcționarea detectorului sincron — faza 1.

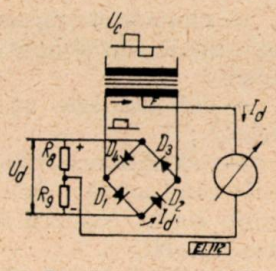


Fig. 5 b. Funcționarea detectorului sincron — faza 2.

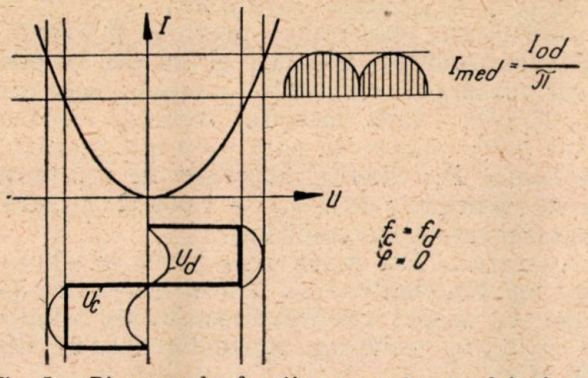


Fig. 5 c. Diagrama de funcționare a detectorului sincron pentru cazul în care $f_c = f_d$ și $\varphi = 0$.

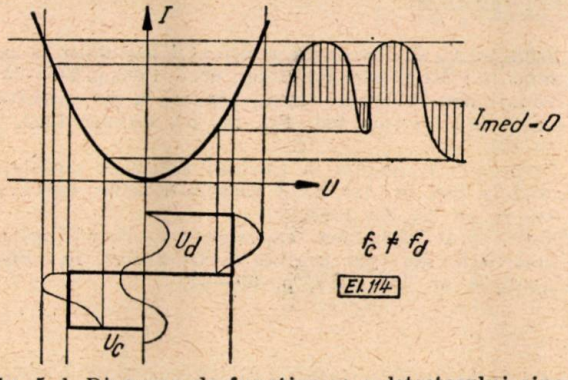


Fig. 5 d. Diagrama de funcționare a detectorului sincron pentru cazul $f_c \neq f_d$.

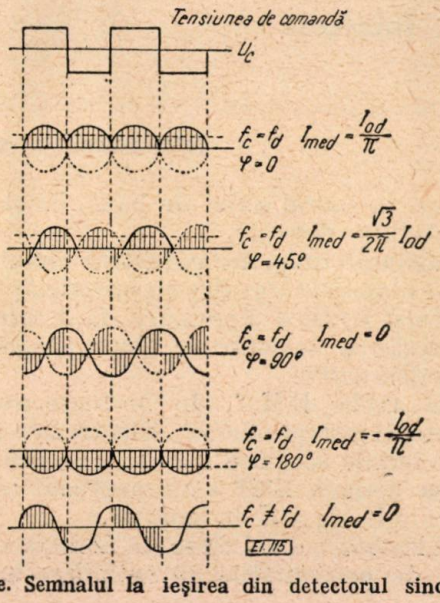


Fig. 5 e. Semnalul la ieșirea din detectorul sincron.

După cum rezultă din relația (11) amplificarea necesară în curent este de 1 000, astfel:

$$I_i = \frac{2 \cdot 0{,}45 \cdot A_i \cdot U_G}{R_i + \frac{R_d}{2} + \frac{R_1}{2} + R_8} \cdot \frac{R_p - R_7 \cdot \frac{n}{m+n} \cdot \frac{n_2}{n_1}}{R_4 \frac{\left(R_7 + \frac{R_5}{2}\right) \cdot \left(R_6 + \frac{R_5}{2}\right)}{R_5 + R_6 + R_7} + R_{PA}}, \quad (11)$$

unde:

I_i este curentul prin instrumentul indicator;

A_i — amplificarea în curent a amplificatorului de curent continuu;

$$R_i = R_{13} + \frac{1}{2} R_{14} = R_{10} + \frac{1}{2} R_{11}.$$

Această relație apare ca urmare a relațiilor (4) și (7). În relația (7) $\cos \varphi \cong 1$, deoarece defazajul dintre U_d și U_c este, practic, nul. Ținînd seamă de faptul că trebuie să se asigure precizia de citire de 0,05 Ω pe scara × 0,1, unde sensibilitatea detectorului trebuie să fie maximă, valoarea lui U_d, fiind mică (circa 1 mV), iar instrumentul fiind de 0,5 mA, rezultă, conform relației (11), amplificarea în curent $A_i = 1\,000$. Ca urmare, acul miliampermetrului va avea o deviație de 50 de diviziuni în dreapta și 50 de diviziuni în stînga, în cursul măsurărilor executate pe scara de × 0,1, pînă la diviziunea 5.

Pentru a putea asigura stabilitatea și deriva mică a unui astfel de amplificator, s-a recurs la o schemă formată din două etaje simetrice, construită cu patru tranzistoare $T_4 - T_7$ (EFT—308). Simetria montajului este necesară pentru a diminua efectul derivei și este cu atît mai eficace cu cît au fost mai bine selecționate cele două perechi de tranzistoare și, mai ales, perechea T_4 și T_5. Deriva se compensează perfect în cazul unei bune simetrii. Tranzistorul T_3 intră în circuitul de reacție negativă cu amplificare și îmbunătățește substanțial stabilitatea punctului de referință [4].

Punctul de referință se poate deplasa din două motive: deriva termică și alunecarea punctului de funcționare a tranzistoarelor, o dată cu încălzirea prin funcționare.

Deriva se definește sub forma unui semnal aplicat la intrarea în amplificator (exprimat în curent sau tensiune), care produce o deviație echivalentă a instrumentului. Deoarece trebuie asigurată o precizie de 5% în condițiile cele mai defavorabile (pe scara de 0,1 Ω), deriva nu trebuie să depășească valoarea de 1 mV în timpul afectat măsurării. Cu cît intervalul de timp dintre operația de compensare și cea de echilibrare este mai lung, cu atît eroarea provocată de derivă este mai mare.

Prin verificări repetate s-a putut observa o eroare accidentală maximă, provocată prin alunecarea punctului de referinţă care a atins trei procente pentru o valoare de 0,5 Ω a rezistenţei de măsurat, măsurarea făcîndu-se intenţionat cu o întîrziere de 30 s după momentul echilibrării. Această cifră reprezintă valoarea maximă obţinută în cursul a 100 de măsurări repetate, dintre care cele mai defavorabile pentru precizia de măsură s-au făcut în decursul a 45 min, timp în care s-a efectuat încălzirea aparatului, după ce acesta a fost scos dintr-un termostat unde a fost răcit pînă la −10°C. Cu această ocazie s-a înregistrat eroarea maximă de 3%.

Condiţiile acestea sînt defavorabile, întrucît se suprapun două efecte : încălzirea aparatului pînă la temperatura camerei şi încălzirea pieselor prin funcţionare (tranzistoare, rezistenţe). Prin urmare, eroarea provocată simultan de derivă şi de încălzirea termică nu scoate aparatul din clasă.

Consideraţii de ordin constructiv. Varianta constructivă adaptată asigură maximul de siguranţă în exploatare, în condiţii de teren. În acest scop s-au folosit piese robuste, asamblate pe un circuit imprimat, întregul montaj fiind protejat într-o cutie bine etanşată la praf, rezistentă din punct de vedere mecanic şi la coroziune.

Transportul aparatului se face într-o husă de vinilin, care asigură şi o protecţie mecanică suplimentară.

Avantajele soluţiei sînt următoarele :

— aparatul s-a realizat cu piese în întregime fabricate în ţara noastră (tranzistoare, miliampermetru) ;

— elementele mecanice sînt uşor de realizat, operaţiile sînt simple şi nu este nevoie de multe scule ;

— schema este uşor de pus la punct şi de reglat ;

— schimbarea bateriilor este comodă. Bateriile sînt aşezate într-un locaş separat, micşorînd riscul oxidării datorită gazelor eliminate din baterii ;

— aparatul este portabil şi apt pentru lucrări de teren, gabaritul fiind de 210×170 × ×80 mm, iar greutatea de 1,5 kg ;

— varianta aleasă mai prezintă şi avantajul unor multiple utilizări şi în alte scopuri decît măsurarea rezistenţei prizelor ; măsurări geoelectrice, după metoda Wenner, conform celor patru puncte, în care scop este prevăzut cu borne P_2 ; diferite măsurări de rezistenţe de valori în gama de la 0,1 ÷ 1 000 Ω ; măsurarea rezistenţelor electroliţilor.

Aparatul a fost supus unor probe de laborator, iar funcţionarea sa a fost cercetată, pe teren, în scopul verificării condiţiilor tehnice de calitate, conform normelor interne din I.R.M.E.

Bibliografie

[1] *Schildhauer, G.* Măsurarea rezistenţei legăturilor la pămînt. In : Der Elektro-Praktiker, nr. 8, 1960, p. 249—251.
[2] *Vaunerville, R.* Étude, calcul, réalisation des convertisseurs. În : Électron Ind. Fr., nr. 32, mar-apr 1962, p. 79—83.
[3] *Putnius, V.I.* Analiza şi calculul schemelor modulatorului în inel. În : Izv. VUZ Elektromehanika, U.R.S.S., vol. **6**, nr. 12, dec 1963.
[4] *Vallet, L.A.* Réalisation expérimentale d'amplificateurs simétriques du type continu à transistors. In : Électronique, nr. 148, 1957, p. 60—64.

Consideraţii tehnico-economice asupra seriei actuale de motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit fabricate la întreprinderea „Electromotor" — Timişoara

Victor Crăciunescu şi Romanus Mogoş* — Timişoara

CZ 621.313.333.2.003.1 : 621.312.002.2

Progresul tehnic în construcţia de maşini electrice asincrone s-a concretizat, în ultima perioadă, prin realizarea unor noi serii unitare de motoare cu parametri tehnico-economici ridicaţi.

Elementul dinamic care a făcut necesară reanalizarea seriilor elaborate cu ani în urmă îl constituie noile materiale electroizolante, la care se adaugă concepţiile actuale constructive privind folosirea la maximum a elementelor tipizate atît în cadrul seriei de bază, cît şi în cadrul seriilor derivate.

În ultimul timp, în industria chimică s-au obţinut materiale organice cu proprietăţi electroizolante şi termice superioare, fapt care a permis creşterea solicitărilor electromagnetice în materialele active.

Seria veche E.M.T. de motoare asincrone, realizată la întreprinderea „Electromotor", folosea materiale specifice clasei *A* de izolaţie, iar la seria actuală EMT s-au prevăzut materiale încadrate în clasa *E* de izolaţie.

La alegerea acestei clase de izolaţie s-a ţinut seamă de posibilităţile de asimilare în ţară a

* Ing. *V. Crăciunescu* este constructor şef adjunct la întreprinderea „Electromotor"-Timişoara, iar ing. *R. Mogoş* este inginer proiectant principal la aceeaşi întreprindere.

noilor materiale şi de condiţiile constructive impuse. Cotele de montaj, fixate ca linie obligatorie, în funcţie de puterea utilă şi turaţia sincronă, nu puteau fi realizate fără reducerea apreciabilă a dimensiunilor de gabarit. Puterile utile în noile gabarite nu mai puteau să fie obţinute în condiţiile clasei *A* de izolaţie şi, ca atare, se impunea adoptarea unei clase superioare de izolaţie din punct de vedere termic.

Din analiza factorilor care influenţează puterea utilă la o turaţie dată se vede că :

$$P = K \cdot D^2 l_i j . B . K_{Cu},$$

unde :

K este coeficientul de proporţionalitate ;
D^2 — diametrul interior al statorului ;
l_i — lungimea ideală a maşinii ;
j — densitatea de curent ;
B — inducţia în întrefier ;
K_{Cu} — $\frac{\text{secţiunea cuprului}}{\text{secţiunea crestăturii}}$ = coeficientul de umplere a crestăturii.

Se observă că la o scădere a dimensiunilor de gabarit (D, l_i) pentru obţinerea aceleiaşi puteri utile sînt necesare creşterea solicitărilor electromagnetice (j, B) şi îmbunătăţirea coeficientului de umplere a crestăturii (K_{Cu}). Aceste condiţii sînt satisfăcute în cazul folosirii noilor materiale electroizolante specifice clasei *E* de izolaţie sau altor clase de izolaţie superioare.

Alegerea clasei de izolaţie şi a materialelor electroizolante s-a făcut ţinîndu-se seamă şi de eficienţa economică a soluţiilor avute în vedere. S-au impus acele soluţii care, comparate cu variantele executate la nivelul tehnicii actuale, confirmă realizarea obiectivelor tehnice şi economice urmărite.

În acest articol se prezintă caracteristicile principale ale actualei serii de motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit, execuţie P—33, elaborate de întreprinderea „Electromotor", în comparaţie cu seria veche şi cu alte serii de motoare similare executate în străinătate [1], [2], [3], [4], [5].

Izolaţia şi materialele electroizolante utilizate în construcţia seriei actuale de motoare

Pentru industria electrotehnică s-au asimilat în ţara noastră materiale electroizolante noi, pe bază de poliamide şi de acetaţi de celuloză, corespunzătoare pentru clase de izolaţie superioare.

S-au obţinut conductoare de bobinaj izolate cu emailuri, cu caracteristici superioare faţă de emailurile pe bază de uleiuri vegetale, ca de exemplu : emailul pe bază de poliamidă modificată (izorelon), poliuretan epoxidic, tereftalic. Grosimea stratului izolant, element important, este de numai 0,025 mm.

Pentru izolaţiile sub formă de foi, necesare la izolarea crestăturii sau a capetelor de bobină, s-au fabricat materiale combinate, executate din folii electroizolante de polietilen tereftalat (hostafan, nylon), lipit între două foi de carton electrotehnic (preşpan), grosimea totală a noii izolaţii fiind de 0,25 mm. Aceste materiale se caracterizează prin remarcabile proprietăţi mecanice, termice şi electrice, toate realizate la grosime redusă, fapt ce permite o bună utilizare a spaţiului din crestătură.

Pentru racordarea înfăşurărilor statorice la cutia de borne, în condiţii termice mai ridicate, s-au executat cabluri cu izolaţii din cauciucuri superioare : cauciuc butilic, cauciuc butilic cu neopren, cauciuc siliconic.

Impregnarea înfăşurărilor maşinilor electrice pentru clasa *E* de izolaţie se execută în lac ALM, lac oleogliptalic modificat cu răşină melamino-termaldehidică bitanolizată.

În tabela 1 se prezintă, comparativ, izolaţia şi principalele materiale electroizolante folosite la seria veche şi la seria actuală de motoare EMT.

Trebuie remarcat faptul că noile materiale izolante, aparţinînd clasei *E* de izolaţie, în faza actuală sînt mai scumpe decît cele corespunzătoare clasei *A* ; preţul de cost al materialelor de izolaţie pe kW creşte de aproximativ trei ori. Situaţia este compensată din plin prin reducerea materialelor active (tablă silicioasă, cupru) şi prin reducerea consumului de fontă şi laminate.

Valoarea materialelor de izolaţie în costul total al materialelor, la actuala serie de motoare, reprezintă 7—10 %.

Elementele constructive ale seriei actuale de motoare

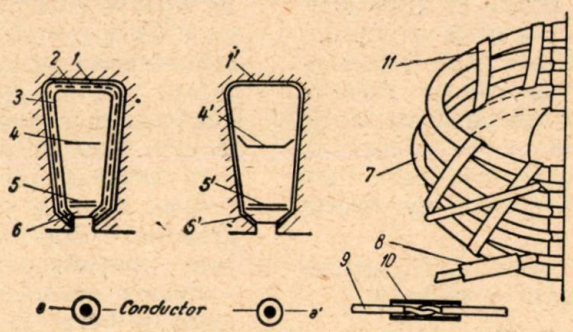
Primul aspect care trebuie subliniat este faptul că actuala serie unitară de motoare asincrone în scurtcircuit are o scară de puteri îmbunătăţită şi modificată, faţă de seria veche, conform recomandaţiilor CEI, asigurînd în acest fel o alegere raţională a motoarelor, cu o putere cît mai apropiată de puterea utilă a agregatelor acţionate de ele (tabela 2).

Se remarcă faptul că seria actuală, în ansamblu, are în plus 5 tipuri de motoare faţă de seria veche.

La întreprinderea „Electromotor" motoarele executate din seria veche şi seria actuală sînt prezentate în figurile 1 şi 2.

Un element important tehnico-economic de care s-a ţinut seamă la elaborarea seriei a fost tipizarea, în mare măsură, a pieselor şi a subansamblurilor. În acest mod s-a redus munca de pregătire tehnico-materială a fabricaţiei, s-au creat posibilităţi mai largi pentru specializarea producţiei, obţinîndu-se rezultate economice superioare.

Tabela 1



Nr. crt.	IZOLAȚIA						
	Poziția	Denumirea izolației	Seria veche (EMT)		Seria actuală (EMT)		
			denumirea materialului	grosimea	poziția	denumirea materialului	grosimea
1	a	Izolația conductorului	2 × bumbac		a'	email tereftalic	
2		Izolația crestăturii					
	1	Izolația exterioară	preșpan	0,25	1'	izolația crestăturii preșpan-hostafan-preșpan	0,25
	2	Izolația intermediară	pînză uleiată	0,2			
	3	Izolația interioară	preșpan	0,25			
	4	Izolația între straturi	preșpan	0,25	4'	nuvolit	0,25
	5	Izolația sub pană	preșpan	0,25	5'	nuvolit	0,25
	6	Pană	lemn		6'	lemn	
3	7	Izolația între faze	preșpan	0,25 × 2		nuvolit	0,25
4	8	Izolația legăturilor de bobine	tub linoxinic			tub țesătură de sticlă	
5	9	Cabluri de racordare	conductoare MFf			cauciuc butilic + strat cloropren	
6	10	Izolația capetelor de bobine	bandă de bumbac			bandă de fire de sticlă	
7	11	Izolația peste cablurile de racordare	tub linoxinic			tub de țesătură de sticlă	

Tabela 2

Scara de puteri a seriilor unitare de motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit

Scara de puteri la seria veche	STAS 881-49	—	—	1	1,7	2,8	—	4,5	—	7	10	14	—	20	28	40	55	75	100
Scara de puteri la seria actuală	STAS 881-60	0,6	0,8	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	10	13	17	22	30	40	55	75	100

În construcția seriilor unitare de motoare factorul de bază al unificării îl constituie diametrul exterior al tolelor stator. Realizarea scării de puteri într-un anumit domeniu se obține prin modificarea diametrului interior al statorului, a numărului de crestături și a lungimii pachetului de tole.

În figura 3 sînt redate elementele de bază ale tipizării.

Unificarea elementelor de bază a permis tipizarea altor elemente constructive ale motoarelor.

În funcție de diametrul exterior al pachetului de tole stator s-au putut tipiza scuturile, capacele de rulmenți, ventilatoarele, capacul ventilatorului, carcasele etc., pentru mai multe tipuri de motoare.

În afara tipizării elementelor constructive axate pe dimensiunile de bază s-au unificat cutiile de borne, inelele de ridicare, penele etc.

Efectul economic se concretizează în reducerea numărului de modele de turnare, a dispozitivelor de găurit, a calibrelor, a sortimentelor de piese de aprovizionat, a lucrărilor de evidență etc.

Limitarea numărului de lungimi ale pachetelor de tole a determinat reducerea numărului

de tipodimensiuni ale carcaselor; cele 14 tipuri de motoare se realizează în patru tipuri de carcase.

În ceea ce priveşte înfăşurarea statorului la toate tipurile de motoare s-a realizat în două straturi cu bobine concentrice şi pas scurtat.

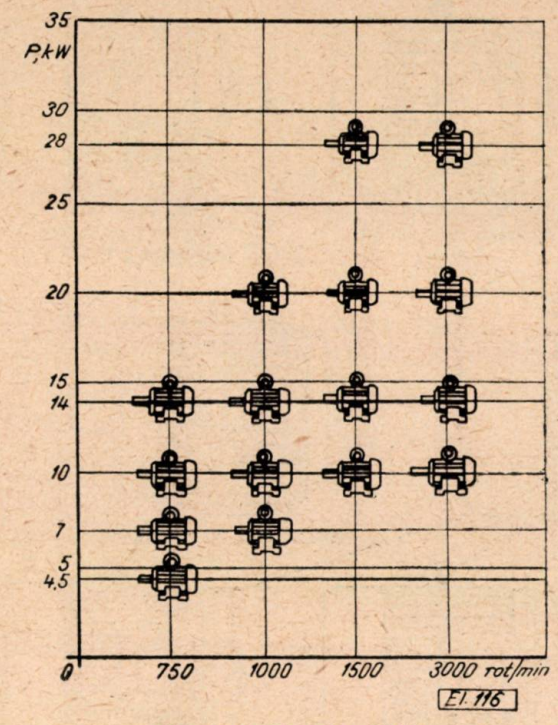


Fig. 1. Seria veche EMT.

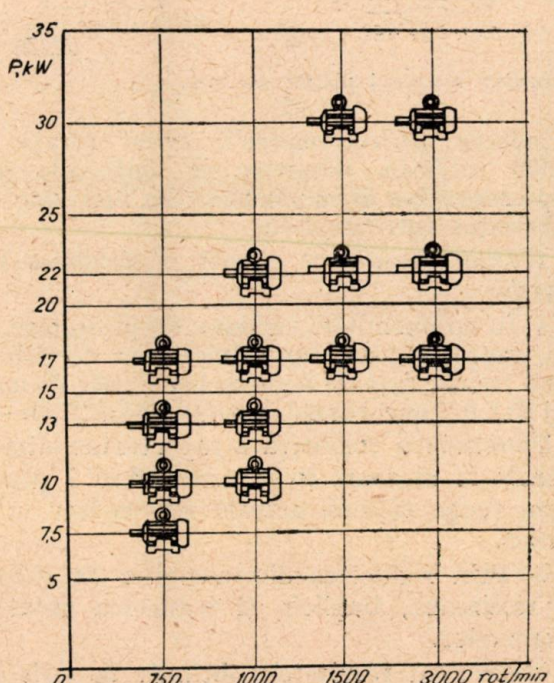


Fig. 2. Seria nouă EMT.

Aceasta a dus la micşorarea capetelor de bobine, obţinîndu-se economii de materiale şi o reducere a armonicilor superioare ale cîmpului electromagnetic.

Colivia rotorică s-a turnat din aluminiu 99,5 %, avînd crestături înalte şi bare înclinate cu un pas de crestătură stator faţă de axa geometrică a rotorului.

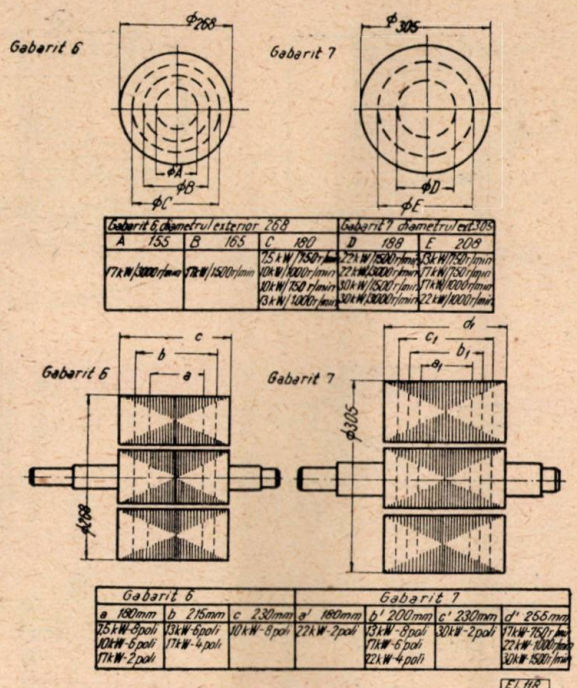


Fig. 3. Tipizarea diametrelor şi lungimilor tolelor la seria nouă de motoare EMT.

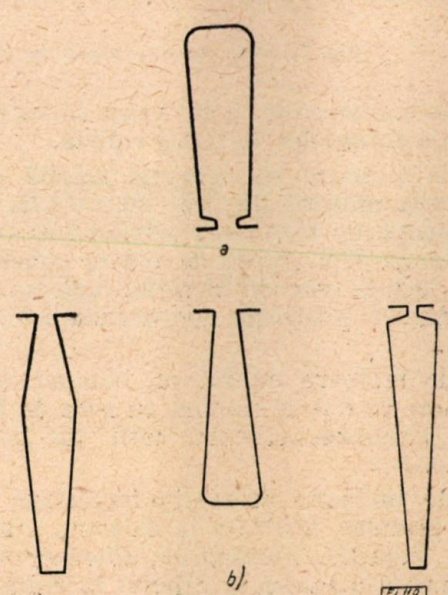


Fig. 4. Forma ancoşelor folosite la noua serie unitară, gabarit 6 şi 7:
a – stator; *b* – rotor.

Forma crestăturilor statorice şi rotorice folosite este arătată în figura 4.

Un alt aspect important este obținerea seriilor derivate axate pe elementele constructive ale seriei unitare de bază. În figura 5 se prezintă extinderea seriilor de motoare.

Seria de motoare cu două turații se obține prin modificarea numai a înfășurării statorice.

Caracteristicile tehnico-economice ale seriei actuale de motoare

Pentru a ilustra rezultatele obținute se analizează caracteristicile principale ale motoarelor de putere mijlocie, fabricate la între-

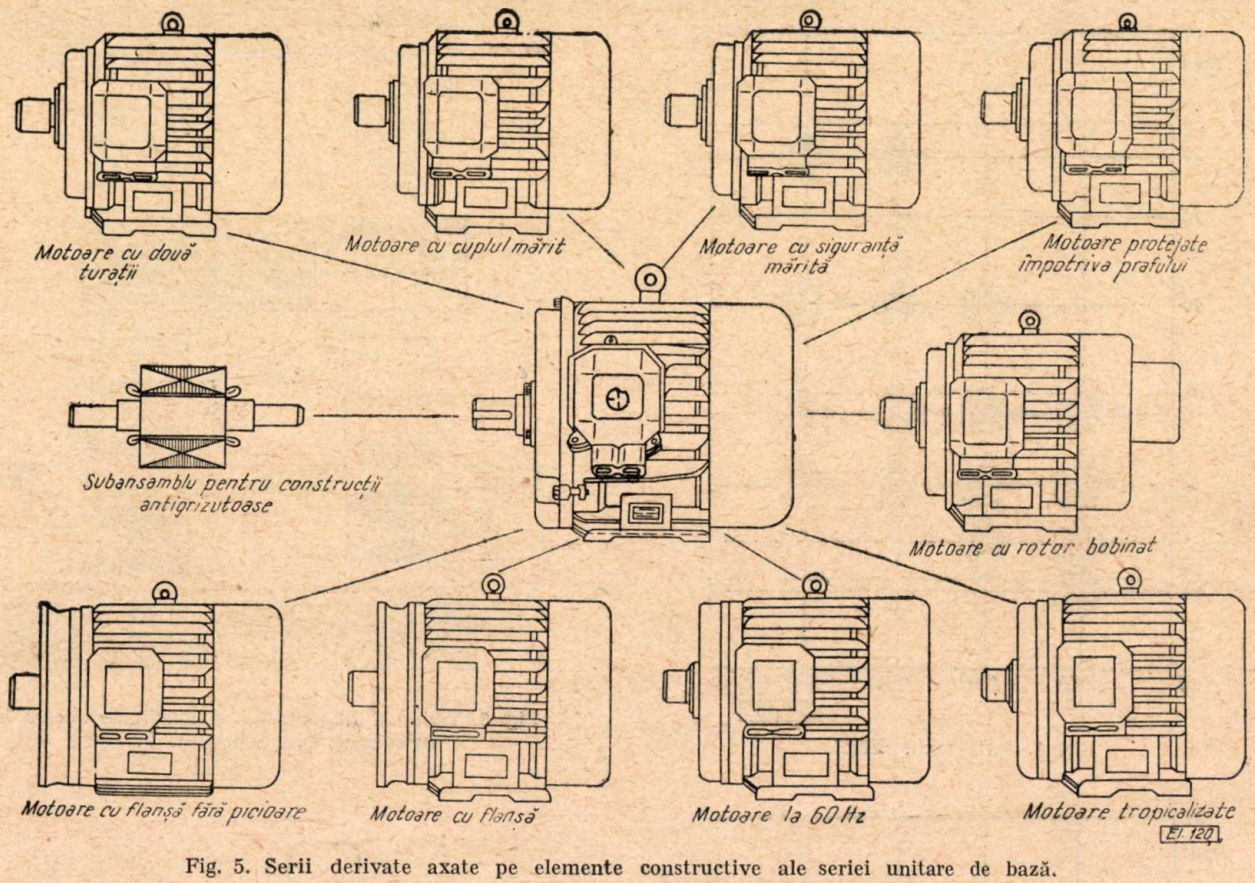


Fig. 5. Serii derivate axate pe elemente constructive ale seriei unitare de bază.

Seria de motoare cu cuplul mărit se va baza pe execuția rotoarelor în dublă colivie.

Seria de motoare cu siguranța mărită este, de fapt, seria unitară de bază marcată la altă putere, funcție de încălzirea părților interioare ale motorului. Din punct de vedere constructiv unele detalii vor diferi astfel încît să asigure gradul de protecție corespunzător (cutia de borne).

Seria de motoare cu rotorul bobinat utilizează o serie de repere comune cu seria de bază (pachete statorice, carcase, cutii de borne, scuturi etc.).

Seria de motoare protejată împotriva pătrunderii prafului, utilizată în industria cimentului și în industria alimentară, diferă de seria de bază printr-o etanșare diferită la rulmenți și la cutia de borne.

Construcția celorlalte serii derivate reiese din schema prezentată.

Prin punerea în fabricație a tuturor seriilor prezentate se va acoperi necesarul de motoare pentru cele mai variate acționări electrice.

prinderea „Electromotor", avînd turația de 1 500 rot/min, deoarece ele sînt cele mai reprezentative și au ponderea cea mai mare în fabricația întreprinderii.

1. Dimensiunile de gabarit și greutatea motoarelor

a) În conformitate cu tema de proiectare, seria unitară actuală are dimensiuni de gabarit mult reduse față de seria veche. Cotele de montaj sînt în concordanță cu noul STAS 2755—62.

Prezentarea sugestivă a raporturilor dimensionale la motoare cu gabaritul 6 și 7 pentru seria veche și seria actuală este redată în figura 6.

b) Prin reducerea dimensiunilor de gabarit se realizează, implicit, și reducerea greutății motoarelor.

Comparînd rezultatele obținute la seria actuală, la seria veche și la produsele similare străine [1], [2], [3], [4], [5], se remarcă nivelul ridicat la care se situează seria actuală (fig. 7 și 8).

În raport cu seria veche s-a obţinut o reducere a consumului de material pe kilowatt, în medie, de 30 %.

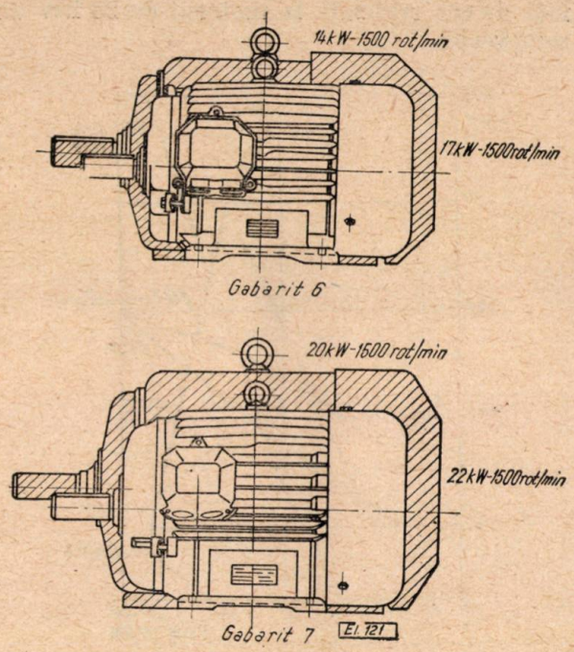


Fig. 6. Diferenţa de dimensiuni dintre motoarele de gabarit 6 şi 7 pentru seria veche şi seria nouă.

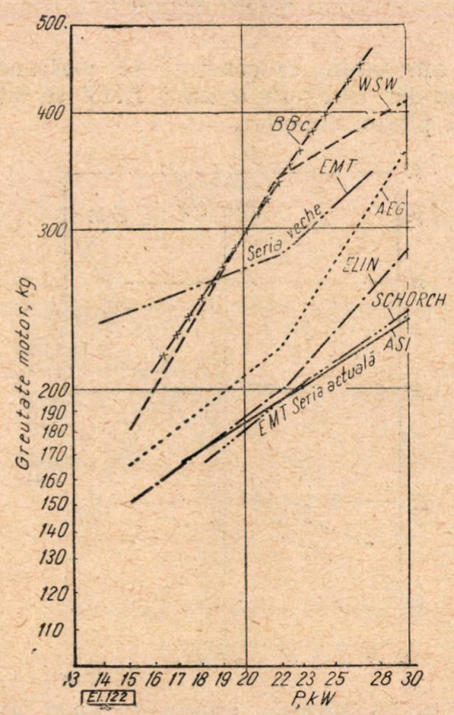


Fig. 7. Diagrame comparative pentru motoarele asincrone cu rotor în scurtcircuit cu $n_s = 1\,500$ rot/min; greutate motor = f(P).

Din analiza datelor prezentate se constată că performanţele obţinute la seria actuală depăşesc simţitor valorile realizate de firme străine cunoscute.

c) Urmărind în detaliu elementele componente ale consumului global de material se poate scoate în evidenţă situaţia consumurilor de ma-

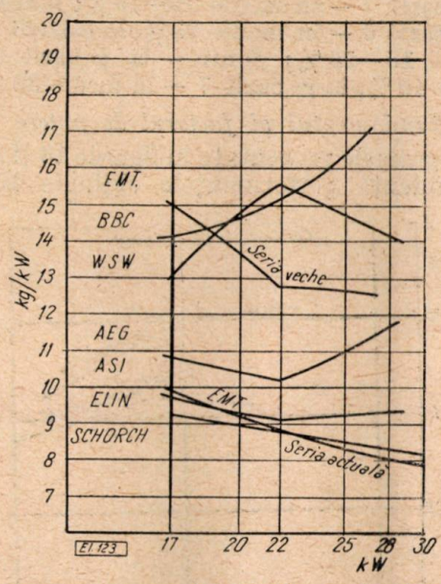


Fig. 8. Diagrame comparative pentru motoarele asincrone cu rotor în scurtcircuit cu $n_s = 1\,500$ rot/min; greutate motor/kW = f(P).

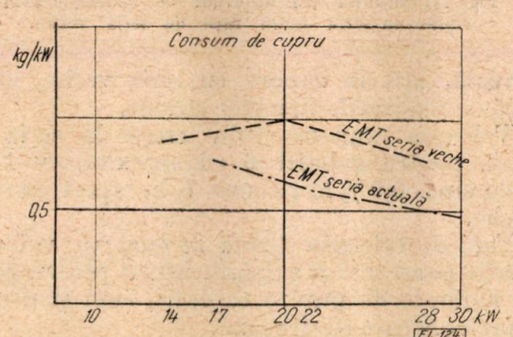


Fig. 9. Situaţia consumurilor de materiale principale la seria nouă faţă de seria veche.

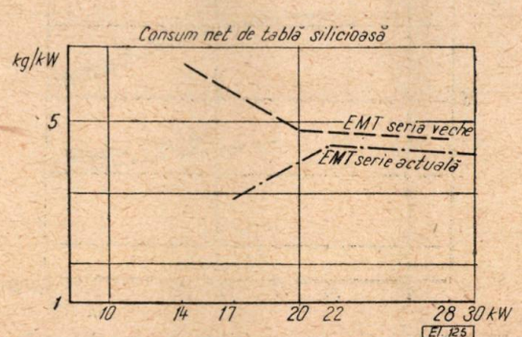


Fig. 10. Situaţia consumurilor de materiale principale la seria nouă faţă de seria veche.

teriale principale: cupru, tablă silicioasă, laminate, fontă (fig. 9, 10, 11, 12).

Din diagramele prezentate rezultă următoarele reduceri de consum specific de materiale

față de seria veche: Cu — la gabarit 6 — în medie 10—15%, la gabarit 7 — în medie 25%; tablă silicioasă — la gabarit 6 — în medie 20%, la gabarit 7 — în medie 10—15%; laminate — la gabarit 6 — în medie 25%, la gabarit 7 — în medie 15—20%; fontă — la gabarit 6 — în medie 40%, la gabarit 7 — în medie 30—35%.

2. Randamentul și factorul de putere

Diagramele prezentate în figurile 13 și 14 scot în evidență performanțele obținute la seria

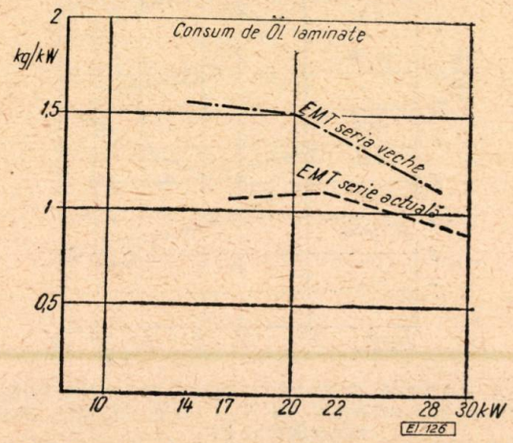


Fig. 11. Situația consumurilor de materiale principale la seria nouă față de seria veche.

actuală, atît în raport cu seria veche, cît și față de realizările firmelor străine.

Valoarea randamentului crește la seria actuală pentru gabarit 6 cu aproximativ 1,2% și cu circa 0,9% la gabarit 7, în raport cu seria veche.

Față de celelalte firme se remarcă valoarea relativ constantă a randamentului pentru gama de motoare de putere mijlocie, cum și nivelul superior la care se situează.

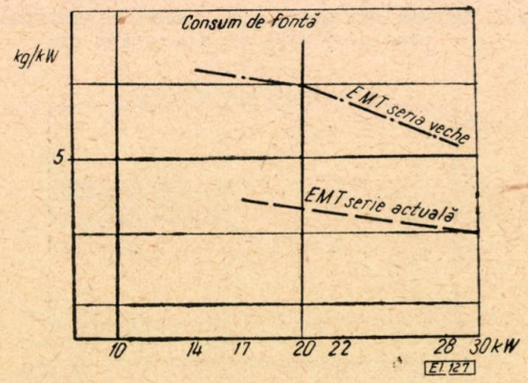


Fig. 12. Situația consumurilor de materiale principale la seria nouă față de seria veche.

Factorul de putere la gabaritul 6, seria actuală, este superior celui realizat la seria veche, cu aproximativ 1,7%, iar la gabaritul 7, pentru motorul de 22 kW, din seria actuală, se obține o valoare ameliorată cu 1,2% față de cea obținută la motorul de 20 kW din seria veche. La motorul de 30 kW din seria actuală valoarea factorului de putere este inferioară cu 2% față de cea realizată la motorul de 28 kW din seria veche.

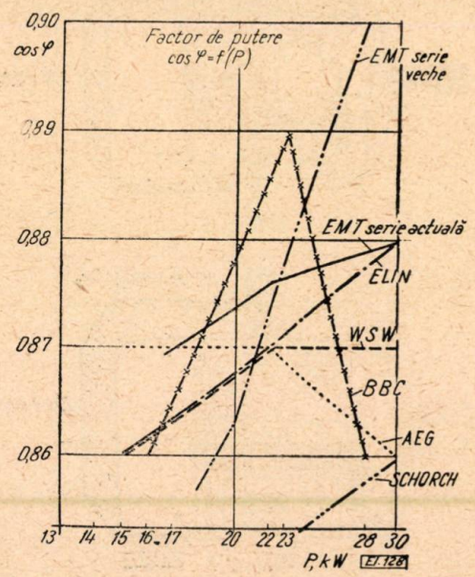


Fig. 13. Diagrame comparative pentru motoare asincrone cu rotor în scurtcircuit cu n_s = = 1 500 rot/min.

În ansamblu, se constată că performanțele motoarelor din seria actuală EMT se situează la un plafon superior.

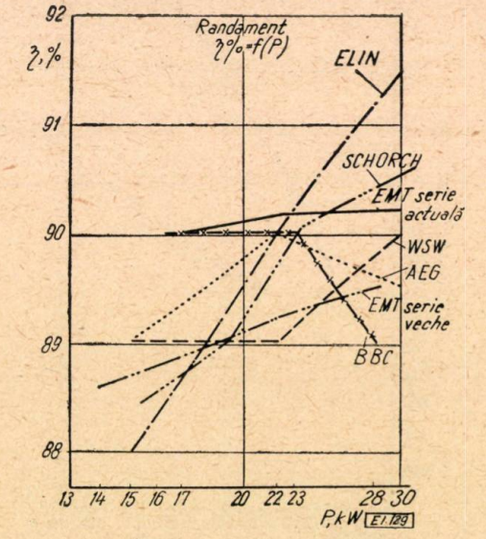


Fig. 14. Diagrame comparative pentru motoare asincrone cu rotor în scurtcircuit cu n_s = 1 500 rot/min.

3. Cuplul de pornire și curentul de pornire

Valoarea cuplului de pornire și a curentului de pornire este un indicator important pentru aprecierea calității motoarelor asincrone.

Valorile nominale impuse prin STAS 1764—56 pentru seria veche sînt mult inferioare celor prevăzute în STAS 1764—63 pentru motoarele din seria actuală.

Diagrama (fig. 15) reprezintă valorile impuse ca obligatorii.

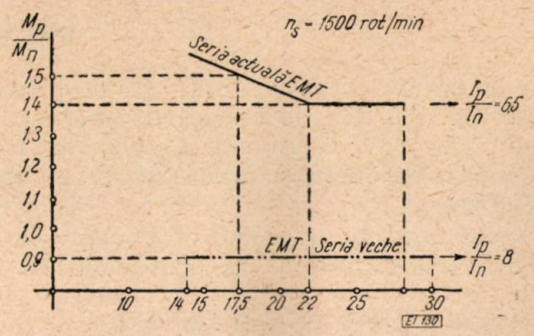


Fig. 15. $\frac{M_p}{M_n} = f(P)$.

Rezultatele obţinute privind creşterea cuplului de pornire sînt cu atît mai valoroase cu cît ele se realizează la un curent de pornire mai

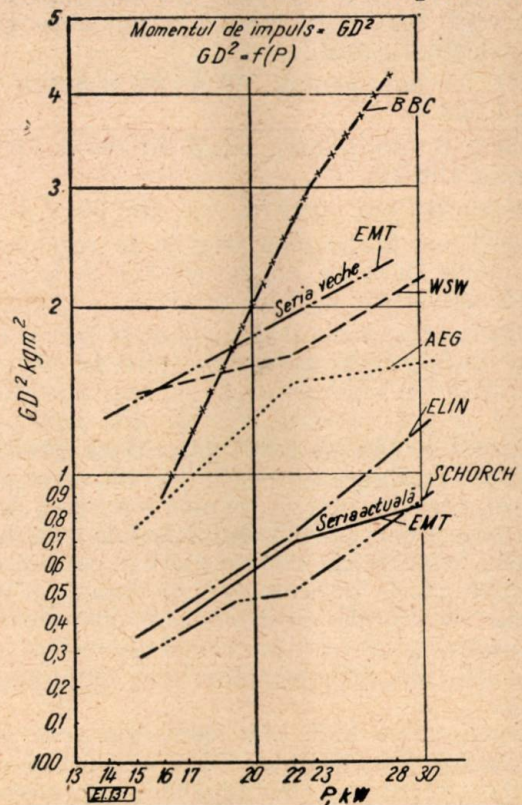


Fig. 16. Diagrame comparative pentru motoare asincrone cu rotor în scurtcircuit cu $n_s = 1\,500$ rot/min.

mic. Practic, valorile cuplurilor de pornire depăşesc valorile impuse ca obligatorii.

4. Momentul de impuls (GD^2)

În acţionări se recomandă ca momentul de impuls să fie, în general, redus şi, în acest sens, rezultatele obţinute sînt deosebit de meritorii (fig. 16).

În raport cu seria veche, valorile au fost micşorate cu circa 60 %.

5. Structura preţului de cost

Pentru a ilustra structura preţului de cost se compară două motoare; unul de 20 kW, 1 500 rot/min, aparţinînd seriei vechi, şi altul de 22 kW, 1 500 rot/min, din seria actuală.

Structura preţului de cost este prezentată în figurile 17 şi 18.

În ansamblu, preţul de cost total al motorului din seria nouă (lei/kW) este mai scăzut cu circa 10 %.

Există însă importante rezerve pentru reducerea preţului de cost, prin folosirea mai raţională a materialelor active la unele tipuri de motoare, reducerea manoperei de bobinare, revizuirea

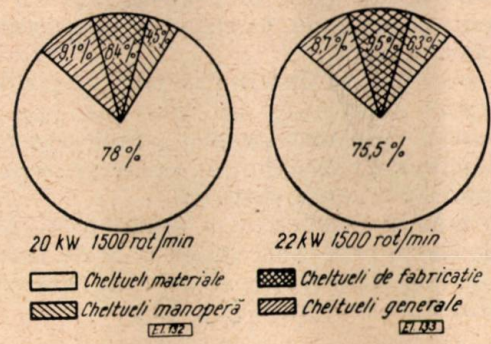


Fig. 17 şi 18. Structura preţului de cost: comparaţie între un motor din seria veche de 20 kW/1 500 rot/min şi un motor din seria nouă de 22 kW/1 500 rot/min.

preţului la materialele electroizolante etc., probleme care vor constitui noi obiective de urmărit în cadrul întreprinderii.

Concluzii

1. Motoarele asincrone cu rotorul în scurtcircuit, din seria unitară, fabricate la întreprinderea „Electromotor", din punctul de vedere al performanţelor tehnico-economice realizate, se situează la nivelul produselor similare străine. În multe cazuri, caracteristicile seriei actuale depăşesc pe cele realizate de firme constructoare cunoscute.

2. Prin analiza temeinică a solicitărilor electromagnetice şi termice se pot descoperi încă importante rezerve economice care, valorificate, vor contribui la reducerea preţului de cost.

Aceasta va constitui următoarea etapă de preocupare a colectivului din cadrul întreprinderii „Electromotor".

Bibliografie

[1] Drehstrommotoren mit Käfigläufer. Catalog al firmei Schoreh, 1962.
[2] Kurzschlussläufer Motoren. Catalog al firmei Elin, 1960.
[3] Dreiphasen—Käfigmotoren. Catalog al firmei Brown-Boveri, 1962.
[4] Drehstrommotoren Typ AD und Typ AM. Catalog al firmei AEG, 1957.
[5] Drehstrommotoren. Catalog al firmei W.S.W. (Siemens-Schukkert-Werke), 1961.

Intrat în redacţie la 2.XII.1964

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Distribuţia energiei electrice în hale industriale prin posturi de transformare bloc

Alexandru Razu *— Bucureşti

CZ 621.316.262

Distribuţia energiei electrice de joasă tensiune în halele industriale se face după două sisteme :

— sistemul clasic cu tablouri de distribuţie secundare dispuse în interiorul halei, receptorii de forţă şi lumină fiind racordaţi la aceste tablouri prin circuite. Alimentarea cu energie electrică a tablourilor din hală se face prin coloane de la un tablou principal sau de la tabloul general de distribuţie al postului de transformare ;

— sistemul de distribuţie prin magistrale de transport alimentate din unul sau mai multe posturi de transformare bloc, amplasate în hală, şi prin bare de distribuţie la care se racordează receptorii de energie electrică.

Se face în continuare o descriere a sistemului de distribuţie prin magistrale de transport şi bare de distribuţie alimentate din posturi de transformare bloc [1], [2].

Descrierea instalaţiilor

Sistemul are două caracteristici principale :

— Distribuţia energiei la receptori se face prin bare de distribuţie din oţel avînd o capacitate de transport de 200 A, echipate cu cutii de ramificaţie cu siguranţe fuzibile. Alimentarea barelor de distribuţie se face prin magistrale de transport avînd o capacitate de transport cuprinsă între 750 şi 1 800 A. Magistralele de transport au trei bare de aluminiu de secţiune corespunzătoare şi o bară de oţel pentru nul.

— Alimentarea magistralelor de transport se face de la posturile de transformare bloc amplasate în hală cît mai aproape de centrele de consum.

Barele de distribuţie sînt compuse din tronsoane de 2 m lungime cuprinzînd un jgheab din tablă cu capac în partea de sus. În jgheab sînt prevăzute patru bare din oţel zincat de 60 × 4 mm, susţinute prin distanţieri din material izolant (lemn impregnat, bachelită sau material ceramic). Capacul fiecărui tronson (de 2 m) este prevăzut din 40 în 40 cm cu orificii dreptunghiulare acoperite cu căpăcele din tablă prinse cu şuruburi. Aceste căpăcele se desfac pentru fixarea cutiilor cu siguranţe pentru ramificaţii la receptori.

Cutiile cu siguranţă sînt echipate cu trei siguranţe fuzibile de 25, 60, 100 sau 200 A şi sînt prevăzute cu patru furci care se prind de barele de oţel. Ele se fixează deasupra receptorului care trebuie alimentat, coborîrea făcîndu-se prin conductoare izolate în tub sau ţeavă de protecţie.

Capacitatea de transport a barelor de distribuţie este de 200 A. În cazul cînd sistemul de bare este alimentat la mijloc, sarcina totală pe sistem poate fi de 2 × 200 = 400 A.

Magistralele de transport sînt compuse tot din tronsoane de 2 m lungime, cuprinzînd un jgheab din tablă cu capac. Spre deosebire de sistemul de bare de distribuţie, capacul nu este prevăzut cu orificii pentru ramificaţii.

În jgheab sînt trei bare din aluminiu şi una din oţel. Barele din aluminiu pot avea următoarele dimensiuni :

60 × 5 mm, pentru 750 A ; 80 × 8 mm, pentru 1 320 A ;

60 × 8 mm, pentru 1 025 A ; 100 × 10 mm, pentru 1 820 A.

Bara de oţel pentru nul are 60 × 4 mm.

Legătura dintre magistralele de transport şi sistemele de bare de distribuţie se face prin cutii universale în felul următor.

De la magistrala de transport se face o coborîre dintr-o cutie universală pînă la un cofret capsulat, cu siguranţe ; de la acesta se alimentează o altă cutie universală din care pleacă sistemul de bare de distribuţie. Dacă este cazul, cofretul cu siguranţe poate fi prevăzut şi cu un întreruptor cu pîrghie pentru scoaterea de sub tensiune a unei părţi a instalaţiei de distribuţie.

Din magistralele de transport se pot alimenta şi tablouri de distribuţie individuale. Alimentarea cu energie electrică a magistralelor de transport se face tot prin cutii universale, de la posturile de transformare bloc amplasate în hală.

Dacă într-o hală sînt două sau mai multe posturi de transformare bloc, se prevăd cuple pentru interconectarea magistralelor racordate la posturi diferite, astfel încît să se asigure alimentarea utilajelor în cazul unei defecţiuni la unul din posturile de transformare bloc.

Postul de transformare bloc cuprinde un transformator de putere de 630 sau 1 000 kVA cu tot echipamentul aferent de înaltă şi joasă tensiune ; postul se compune dintr-o celulă de înaltă tensiune, în construcţie metalică, echipată cu două separatoare pentru dubla alimentare şi un întreruptor automat cu ulei puţin, tip IUP.

* *Alexandru Razu* este inginer proiectant şef la I.C.P.E.

Întreruptorul automat este prevăzut cu dispozitiv de acționare, tip DMI-5, iar separatoarele, cu dispozitive de acționare AMI-2.

Transformatorul de putere este instalat într-o boxă metalică cu deschideri pentru intrarea și ieșirea aerului de răcire. Este prevăzut cu un releu de gaze cu două flotoare. Pe partea de joasă tensiune sînt prevăzute două plecări cu întreruptoare automate de 1 000 A, la care se leagă magistralele de transport.

Schema electrică a postului de transformare bloc prevede următoarele semnalizări, protecții și blocaje : — semnalizarea optică la degajare slabă de gaze ; — declanșarea instantanee la scurtcircuit sau degajare puternică de gaze și declanșarea temporizată la suprasarcini ; — semnalizarea optică și acustică a întreruperii circuitului de declanșare ; — semnalizarea optică și acustică a declanșării de avarie ; — declanșarea întreruptoarelor automate de joasă tensiune la deschiderea (voită sau de avarie) a întreruptorului automat de înaltă tensiune ; — blocajul separatoarelor pentru împiedicarea deschiderii sub sarcină ; — semnalizarea optică și acustică a întreruperii alimentării cu curent continuu.

S-au prevăzut un redresor și o baterie de acumulatoare tip auto de 24 V pentru circuitele de blocaj, semnalizare și iluminat de siguranță. Bateria funcționează în regim de încărcare permanentă.

Pe partea de înaltă tensiune se măsoară numai curentul într-o fază ; pe partea de joasă tensiune se măsoară tensiunea, curentul în cele trei faze și energia activă.

Comparația între cele două sisteme de distribuție a energiei electrice

Sistemul de distribuție prin bare permite reamplasarea utilajelor în cazul modificării fluxului tehnologic, cu cheltuieli minime și într-un timp foarte scurt ; circuitele individuale sînt foarte scurte și se pot urmări cu ușurință ; se suprimă instalarea circuitelor în pardoseală, unde sînt expuse la deteriorări mecanice și infiltrații de apă ; din punct de vedere economic, posturile de transformare bloc sînt mai avantajoase decît posturile clasice, realizîndu-se anual două feluri de economii :

a) În cazul sistemului clasic, energia trebuie transportată pe joasă tensiune de la postul de transformare pînă la un tablou principal amplasat în hală. La un post de transformare bloc se suprimă pierderea de energie în fiderii de joasă tensiune.

b) Cheltuielile de investiție pentru un post de transformare bloc sînt mai reduse, deoarece postul propriu-zis este mai ieftin, iar în locul cablurilor de joasă tensiune se pozează numai două cabluri de înaltă tensiune.

S-a făcut o comparație din punct de vedere economic între cele două posturi de transformare, inclusiv cablajul aferent, pe următoarele ipoteze de calcul :

— distanța între postul de transformare obișnuit și tabloul principal de joasă tensiune este de 100 m ; puterea activă medie cerută în kW este indicată în tabela 1 ; factorul de putere natural = 0,7 ; lungimea cablurilor în metri conform tabelei 2.

Tabela 1

	Schimbul I	Schimbul II	Schimbul III
Trafo 630 kVA	500	400	250
Trafo 1 000 kVA	800	640	400

Tabela 2

	6 kV	1 kV
Trafo bloc 630 sau 1 000 kVA	200	—
Trafo clasic 630 kVA	—	500
Trafo clasic 1 000 kVA	—	800

Pentru înaltă tensiune s-au considerat cabluri ACHPBI—6 kV — 3 × 120 mm², iar pentru joasă tensiune cabluri ACHPBI—1 kV — 3 × 150 + 70 mm² ; costul energiei electrice conform tarifului binom „k" de lei 0,45/kWh, iar amortizarea posturilor și a cablurilor se face în 20 de ani.

Făcînd calculele rezultă următoarele economii anuale în favoarea posturilor bloc (tabela 3).

Tabela 3

	Trafo 630 kVA	Trafo 1 000 kVA
Economie energie electrică, lei	27 450	43 900
Reducere cotă de amortizare, lei	3 925	7 100
Total lei/an	31 375	51 000

Domenii de utilizare

Distribuția energiei electrice prin bare de distribuție, magistrale de transport și posturi de transformare bloc se poate aplica în halele industriale în care sînt îndeplinite condițiile din NPCI/1961, art. 19. 62—63—64.

Bibliografie

[1] Prospect Siemens 1603, TS 652, Linienverteilungssystem für 400 A.

[2] Prospect Die anpassungsfähige Kraftinstallation für rationallen Fabrikbetrieb. In : AEG, nr. 1, 1959.

NOTĂ

Încercarea unui oscilator parametric romînesc

CZ 621.313 (498

În cadrul schimbului de experienţă organizat de Academia R.P.R. şi Academia de Ştiinţe din Berlin a avut loc la Uzinele Scharfenstein (R.D.G.), între 9 şi 14 noiembrie 1964 experimentarea în vederea aplicării la frigiderele produse de aceste uzine, a unui nou motor electric de tip parametric, cu mişcare alternativă; acest motor a fost realizat pe baza cercetărilor efectuate de către prof. Matei Marinescu membru corespondent al Academiei R.P.R., de la Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

La probele de mers în gol, efectuate comparativ cu motorul rotativ folosit actualmente la frigiderele fabricate de Uzinele Scharfenstein (motor realizat în serie de Uzinele Sachsenwerk), s-au obţinut rezultatele indicate în tabela 1.

Tabela 1

Putere electrică absorbită, W	Oscilator parametric	Motor Sachsenwerk
	45	82
Pierderi Joule, W	28	19
Pierderi mecanice, W	17	63
Factor de putere	0,5	0,46

Aceste rezultate arată în mod clar că noul tip de motor prezintă pierderi reduse faţă de motorul rotativ (45 W în loc de 82 W), principala sursă de pierderi la acesta din urmă constituind-o pierderile mecanice în mecanismul de transformare a mişcării de rotaţie în mişcare alternativă.

Alte experienţe au avut drept scop verificarea blocurilor cu supape (aspiraţie, refulare), etanşeitatea la adaptarea blocurilor cu supape la capacele motorului etc.

Ca urmare a primelor experienţe efectuate, între cele două părţi a fost încheiat un protocol ale cărui concluzii sînt următoarele:

— construcţia este simplă, economia în ce priveşte greutatea motorului este importantă, iar prelucrarea mecanică relativ redusă;

— pierderile mecanice sînt mici. Motorul are un factor de putere relativ ridicat. Prin încărcarea motorului, factorul de putere va creşte, deoarece curentul scade cu sarcina;

— nu sînt necesare relee de pornire şi protecţie;

— pentru continuarea cercetărilor (probele de mers în sarcină) în cadrul colaborării dintre cele două părţi Institutul pentru probleme fundamentale de tehnica frigului din R.D.G. va aloca un fond special de cercetare.

Din partea R.P.R. protocolul a fost semnat de prof. Matei Marinescu, iar din partea R.D.G. de dr. Heinrich, directorul Uzinelor Scharfenstein, şi de ing. Hamp, şeful secţiei de cercetări şi construcţii.

Totodată s-a întocmit şi un plan al cercetărilor pentru cea de-a doua etapă, care urmează să aibă loc la Institutul de energetică al Academiei R.P.R., cu participarea unei delegaţii de specialişti din R.D.G.

În vederea desfăşurării acestei cercetări, Institutul pentru problemele fundamentale de tehnica frigului urmează să pună la dispoziţie şi aparatura de specialitate necesară pentru efectuarea măsurărilor de la Bucureşti, cum şi piesele şi dispozitivele aferente compresorului.

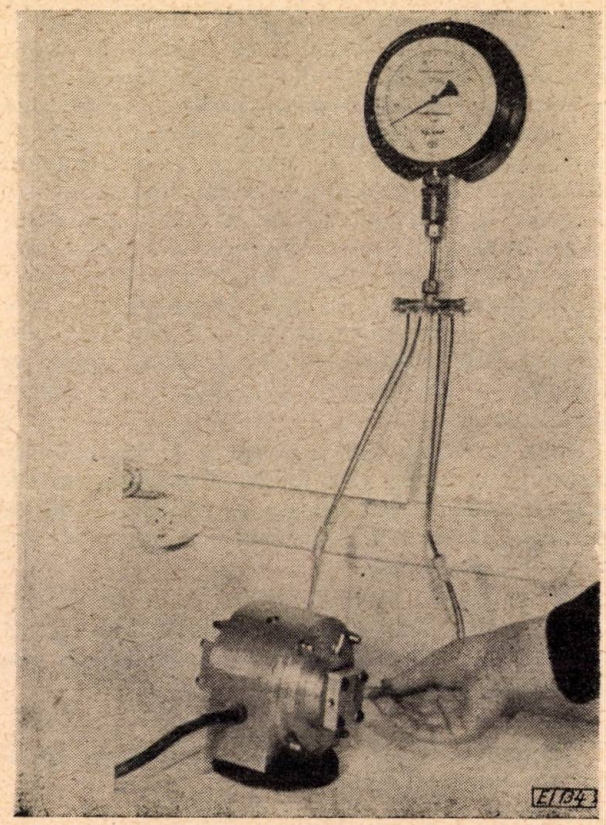


Fig. 1

După părerea specialiştilor germani se poate afirma că experienţele din prima fază au deschis perspectiva ca în viitorul apropiat, pentru producţia anuală a celor 300 000 frigidere a Uzinelor Scharfenstein să fie folosit noul motor parametric romînesc în locul actualului motor rotativ al uzinelor Sachsenwerk.

Experienţele care vor avea loc la Bucureşti urmează să confirme această presupunere. În figura 1 este arătată instalaţia pentru proba de „vacuum", în timpul căreia s-a obţinut o presiune de —0,8 at.

Ea ilustrează totodată şi simplitatea noului agregat de răcire cu oscilomotor-compresor.

M. Marinescu

RECENZII

CZ 537.226+621.315.615

I. E. BALIGHIN. **Rigiditatea dielectrică a izolanţilor lichizi** (Elecktriceskaia procinosti jidkih dielektrikov). Moscova-Leningrad, Editura Energhiia, 1964, 227 pag., 123 fig., 53 tab., 326 ref. bibl.

Problema rigidităţii dielectrice a izolanţilor lichizi a mai fost tratată în cadrul unor lucrări de bază în domeniul general al dielectricilor. Astfel, în cartea lui C.I. Skanavi „Fizica dielectricilor", apărută în 1955, (Gosenergoizdat, Moscova), se prezintă bazele teoretice ale problemei şi la fel şi un bogat material experimental. Lucrarea lui J. Berks şi J. Schullman „Progrese în domeniul dielectricilor", tradusă în limba rusă în 1962, prezintă materialele recent publicate în literatura tehnică mondială şi are un caracter net monografic.

Lucrarea lui Balighin are la fel un caracter monografic şi tinde să prezinte ultimele cercetări în domeniul rigidităţii dielectrice a izolanţilor lichizi.

Primul capitol este dedicat dielectricilor lichizi puri, începînd cu studiul structurii acestor lichide. În funcţie de factorii structurali ai lichidelor pure este studiată rigiditatea lor dielectrică. De asemenea, se prezintă variaţia rigidităţii dielectrice E în funcţie de densitatea lichidelor şi corelaţia cu permitivitatea relativă (ε).

În cel de-al doilea capitol se studiază amestecurile de lichide electroizolante, influenţa apei şi a gazelor asupra rigidităţii dielectrice, influenţa conductibilităţii electrice asupra lui E.

Problema influenţei factorilor statistici, a geometriei electrozilor şi a duratei aplicării tensiunii asupra rigidităţii dielectrice a izolanţilor lichizi este tratată în cel de-al treilea capitol. Se tratează în primul rînd dispersia valorilor experimentale ale tensiunilor de străpungere, prezentîndu-se diagramele în funcţie de numărul de străpungeri şi influenţa distanţelor dintre electrozi şi a suprafeţei acestor electrozi asupra rigidităţii dielectrice.

În cel de-al patrulea capitol se prezintă influenţa temperaturii, frecvenţei tensiunii aplicate materialului electrozilor şi emisiei electronilor de la catod asupra rigidităţii dielectrice a lichidelor izolante. În general stabilitatea termică a lichidelor izolante este redusă şi limita maximă a temperaturilor de lucru este scăzută. Izolanţii lichizi cu caracteristicile termice cele mai ridicate sînt cei siliconici cu temperaturile de lucru pînă la 200°C. Alţi izolanţi lichizi cu temperaturi de lucru relativ ridicate pînă la 120°C sînt de tipul „Vitanuri" (în S.U.A.), „Oktol" (în U.R.S.S.) sau „Polielektren" (în Franţa). Rigiditatea dielectrică la 20°C a acestor lichide este de circa 160—180 kV/cm, permitivitatea relativă (ε) la aceeaşi temperatură este de circa 2,3, iar rezistivitatea volumetrică la 20°C este de 3.10^{14} şi la 90°C de $5.10^{13}\Omega$ cm. Pierderile dielectrice exprimate prin tangenta unghiului de pierderi (tg δ), la 20°C şi 50 Hz sînt de circa 10^{-3}. Pentru aceste tipuri de izolanţi lichizi se prezintă variaţia rigidităţii dielectrice în funcţie de temperatură. La fel se prezintă şi pentru uleiurile de transformator. Sînt interesante diagramele variaţiei lui E în funcţie de temperatură pentru uleiurile de transformator filtrate, însă măsurate la presiuni diferite. Pînă la 100°C se observă constanţa valorilor lui E la toate nivelurile de presiune. La presiunile ridicate, E creşte substanţial, ajungînd la dublul valorii (pentru 750 mm col. Hg faţă de 10 mm col. Hg). Influenţa frecvenţei asupra rigidităţii dielectrice este studiată atît pentru uleiurile minerale de transformator, cît şi pentru unele lichide izolante cu pierderi dielectrici scăzute. Astfel pentru condensatoarele cu armăturile din duraluminium lucrînd cu un gradient de potenţial 3 kV/mm şi la frecvenţa 2.10^6 Hz se foloseşte dielectricul lichid cunoscut sub denumirea comercială „Lektronol", care are următoarele caracteristici dielectrice: rigiditatea dielectrică (la 50 Hz şi distanţa între electrozi 1 mm) este 140—160 kV/cm; $\varepsilon = 4{,}4$ (la 25°C); tgδ (la 10 kHz şi gama de temperaturi 30—100°C)$<1{,}5.10^{-4}$. La fel se prezintă variaţia lui E şi ε în funcţie de frecvenţă pentru diferite tipuri de izolanţi lichizi. Influenţa materialului electrozilor asupra lui E este studiată pentru cîteva materiale uzitate şi anume: oţel inoxidabil, alamă, cupru, aur şi platină.

Capitolul cinci tratează problema corelaţiei rigidităţii dielectrice cu unele procese secundare şi cu conturnarea pe suprafaţă.

Procesele premergătoare străpungerii izolanţilor lichizi sînt tratate în capitolul şase în care se prezintă variaţia conductibilităţii electrice în cîmpurile electrice intense. De asemenea, se prezintă variaţia curentului înaintea străpungerii şi mecanismul străpungerii. În capitolul şapte se prezintă cîteva procese legate de străpungerea izolanţilor lichizi. Este vorba în primul rînd de durata proceselor de străpungere, apoi de procesele imediat următoare străpungerilor, de temperatura canalului de scîntei în lichide şi în sfîrşit presiunea în canalul de străpungere.

În capitolul opt se prezintă teoria străpungerii, considerînd influenţa temperaturii gazelor şi umidităţii din izolanţii lichizi, iar în capitolul nouă teoria străpungerii, ţinînd seamă de transformările chimice în lichide, de emisia rece de electroni şi de ionizaţia de şoc.

Ultimul capitol tratează alte teorii ale străpungerii şi anume: teoria străpungerii ţinînd seamă de polarizarea elementelor solide şi lichide, teoria străpungerii pe baza reprezentării rigidităţii dielectrice a cristalelor dielectrice şi în sfîrşit teoria statistică.

Lucrarea are un pronunţat caracter monografic, prezenzînd sinteza a peste 300 lucrări în domeniul străpungerii dielectricilor lichizi.

Ilustrarea este bogată în diagrame şi oscilograme, peste 100 figuri, care reuşesc să prezinte viu materialul.

Domeniul rigidităţii dielectrice a izolanţilor lichizi este încă incomplet studiat şi prin aceasta se aplică multitudinea teoriilor asupra fenomenologiei străpungerii. Poate de aici a rezultat caracterul predominant teoretic al lucrării. Totuşi considerăm că se puteau prezenta mai multe date cu privire la metodologia încercărilor şi mai ales rezultate ale experimentărilor.

Lucrarea este de un real folos pentru constructorii de transformatoare, aparataj electric de joasă şi înaltă tensiune, condensatoare şi în general de echipament electric, în a cărui schemă de izolaţie intră şi dielectricii lichizi. La fel şi pentru energeticieni care lucrează în practica curentă cu aceste materiale electroizolante.

Bercu A

CZ 621.314.212

A. M. GOLUNOV. **Sisteme de răcire pentru transformatoare cu ulei** (Ohlajdaiuşcie ustroistva maslianih transformatorov). Moscova-Leningrad, Ed. Energhiia, 1964, 152 pag., 86 fig., 12 tabl., 12 ref. bibl.

Una din cele mai importante probleme în calculul şi construcţia transformatoarelor cu ulei este alegerea sistemului de răcire care trebuie să îmbine considerentele tehnice cu cele economice.

Autorul, bazîndu-se atît pe experienţa fabricilor de specialitate din U.R.S.S., în special a fabricii de transformatoare din Moscova, cît şi pe realizările din Europa Occidentală şi S.U.A., prezintă un material monografic în această problemă.

Primul capitol tratează problema pierderilor termice în transformator legată de regimurile tranzitorii şi stabile. În cel de-al doilea capitol se studiază procesele de transmisie termică în transformator. Se prezintă întîi generatoarele de căldură şi apoi fazele transmisiei căldurii de la punctul cel mai cald pînă la mediul ambiant.

În cel de-al treilea capitol se studiază mijloacele de intensificare a disipării căldurii prin cuvele transformatoarelor. Acest capitol prezintă schematic principalele sisteme de răcire care vor fi tratate în lucrare.

Sistemele cele mai simple de răcire — cu cuvele netede — sînt prezentate în capitolul al patrulea. Tot în acest capitol sînt analizate şi sistemele de cuve cu ţevi cu una sau mai multe rînduri. Cu caracter de noutate sînt prezentate cuvele cu ţevi ovale. Pentru tipurile de transformatoare cu puteri mai mari se prezintă cuvele cu pereţi ondulaţi, arătîndu-se pe larg detaliile constructive. Pentru sistemele de răcire studiate în lucrare se prezintă calculele termice. Astfel, pentru un transformator cu puterea de 20 kVA şi tensiunea înaltă de 10 kV se urmăreşte calculul termic la un sistem de răcire cu cuvă netedă. Pentru puterea de 560 kVA şi

tensiunea înaltă de 10 kV, corespunde după calculul termic o cuvă cu ţevi rotunde.

Pentru transformatoarele de gabaritul 3, începînd cu puterea de 3 200 kVA, suprafaţa de răcire a cuvelor se măreşte substanţial, prin montarea de radiatoare. În capitolul al cincilea se prezintă cîteva sisteme de astfel de cuve cu radiatoare şi în primul rînd radiatoarele cu ţevi rotunde, apoi cu ţevi ovale şi în sfîrşit radiatoarele ştanţate. Tot în acest capitol sînt studiate sistemele cu radiatoare şi răcire cu ventilatoare.

Calculul termic al cuvei cu radiatoare şi reglajul automat al sistemului de răcire cu ventilatoare fac obiectul unor paragrafe speciale.

Pentru tipurile de transformatoare de puteri mai mari se prezintă sistemul cu circulaţie forţată de ulei în răcitoare cu apă. Pe lîngă schemele instalaţiilor se dau şi datele aparaturii produse în U.R.S.S. Se insistă, în special, asupra filtrelor de impurităţi şi de umiditate. Se prezintă calculul termic al acestor sisteme de răcire, dîndu-se cîteva exemple.

Tot la transformatoarele de mare putere, o largă utilizare a căpătat sistemul de răcire cu ulei şi ventilatoare de aer. În esenţă, sistemul constă din circularea forţată a uleiului printr-un răcitor de suprafaţă, mare, care la rîndul lui este răcit cu aerul trimis de ventilatoare puternice. Se prezintă schema unei astfel de instalaţii pentru un transformator cu puterea de 100 MVA şi tensiunile 400/225/10,5 kV. La fel se prezintă schiţele aparatajului component al acestui gen de instalaţii. Problema calculului acestor instalaţii este mai complexă şi de aceea autorul insistă, prezentînd în special multe diagrame. Calculul se compune din următoarele faze: determinarea principalilor parametri ai răcirii; calculul hidrodinamic al răcitorului; calculul aerodinamic al răcitorului şi în sfîrşit, calculul termic al răcitorului.

Ultimul capitol, al optulea, se ocupă de criteriile de alegere a sistemului optim de răcire pentru tipul respectiv de transformator şi de condiţiile sale de lucru. Dacă în trecut criteriul principal de alegere era puterea transformatorului, astăzi se ţine seamă şi de locul său de funcţionare pentru aprecierea completă a eficienţei economice a sistemului respectiv.

Lucrarea este scrisă la un nivel mediu şi are scopul de a prezenta problema răcirii transformatoarelor nu numai pentru specialişti, respectiv constructorii de transformatoare, ci şi pentru personalul tehnic din exploatările energetice.

Trebuie remarcate ilustrarea bogată cu desene şi numeroasele exemple de calcul pentru fiecare sistem de răcire în parte.

Bercu A.

CZ 621.315.6.067:621.317.333

Fenomenele la descărcări parţiale în izolatoare şi măsurarea lor în cazul materialelor electrice uzuale (Phénomènes de décharges partielles dans les isolants et leur mesure dans le cas du gros matériel électrique). In: Bull. S.F.E., nr. 57, sept 1964, p. 550 — 620.

După o introducere menită să motiveze tematica aleasă şi importanţa aplicaţiilor industriale, numărul din buletin cuprinde opt articole de specialitate, concluziile şi rezumatul discuţiilor purtate pe marginea temelor tratate. Se prezintă unele probleme de conţinut şi concluzii ale următoarelor articole:

1. I.M. Mason: Avarierea izolanţilor la descărcări parţiale. Problemele tratate cuprind: factorii care influenţează asupra caracteristicilor de descărcare în izolanţii solizi: variaţia caracteristicilor de descărcare în funcţie de frecvenţă şi de tensiune aplicată; factorii care influenţează amplitudinea şi energia de descărcare. Totodată se arată comportarea izolaţiei cu hîrtie impregnată, insistîndu-se asupra procedeelor de avariere a izolanţilor: descărcare internă, descărcare superficială, şi indicîndu-se factorii care influenţează deteriorarea materialelor supuse probelor.

2. M.A. Kelew: Investigaţie în ţările nordice privind acţiunile de descărcare electrică asupra materialelor şi structurii izolanţilor. Problemele tratate se referă la următoarele aspecte:

a. Degradarea la descărcare (constatare, investigaţie şi explicare fenomenologică).

b. Prevenirea descărcării (măsuri constructive, alegerea materialelor, modificarea parametrilor electrici şi măsuri speciale).

c. Rezistenţa la descărcare (măsuri tehnice, consideraţii asupra tehnologiei etc).

3. M.R. Lacoste: Studiul fizic al fenomenelor. Se tratează următoarele aspecte:

a. Analiza spectrală a descărcării. Se descriu dispozitivele de măsură şi încercările experimentale efectuate, reproducîndu-se curbele obţinute.

b. Măsurarea tensiunii de amorsare şi a tensiunii reziduale. Se fac consideraţii asupra tensiunii de aprindere în cazul folosirii electrozilor metalici; se explorează regiunea minimului Paschen în prezenţa unui perete izolant; se înregistrează simultan tensiunea de aprindere şi tensiunea reziduală.

c. Studiul consecinţelor acţiunilor de descărcare.

d. Cercetarea criteriilor de rezistenţă la descărcare. Fiecare problemă este ilustrată cu o serie de date şi curbe experimentale.

4. M.G. Mole: Studii privind încercările de descărcare în Marea Britanie.

a. Instalaţiile folosite mai frecvent la descărcări.

b. Dispozitive şi aparate necesare instalaţiilor de descărcare în curs de fabricare.

c. Neajunsurile metodelor de încercări folosite în prezent.

d. Cercetările în curs şi posibilităţile de îmbunătăţire a metodelor folosite la descărcări.

5. F.H. Kreuger: Trei aspecte principale ale detecţiei descărcărilor parţiale.

a. Legătura cu alte aspecte intervenite la descărcarea în înaltă tensiune.

b. Determinarea mărimilor de măsurat în izolatoare omogene şi neomogene.

c. Alegerea aparatajului pentru detectarea descărcărilor. Pentru toate problemele enumerate se dau scheme şi diagrame care pot servi în mare măsură practicii.

6. M.N. Hylten Cavallius: Măsurarea descărcărilor parţiale cu ajutorul aparatelor de înaltă tensiune. Se prezintă critic terminologia folosită în problema descărcărilor parţiale. Se tratează, pe bază de exemple, problema perturbaţiilor şi se indică aparatajul necesar în acest scop. Se prezintă apoi o metodă de localizare a descărcărilor parţiale în transformatoare şi se propune o metodă de etalonare folosind un circuit complet tranzistorizat.

7. M.R. Knosp: Utilizarea şi tendinţele actuale în măsurarea intensităţii descărcărilor parţiale. Problemele tratate se reduc la:

a) natura mărimii de măsurat;
b) caracteristicile specifice ale aparatelor de măsură;
c) schemele de încercări preconizate;
d) sensibilitatea măsurării.

Aceste probleme se discută făcîndu-se referiri la maşinile rotative, cabluri, condensatoare şi transformatoare.

8. M.F. Viale: Aplicarea măsurării descărcărilor parţiale la studiul materialelor electrice izolante. După prezentarea critică a metodelor de măsurare, aplicate în ultimii 30 de ani, se indică principiile care stau la baza metodelor.

a. Metode electrice bazate pe măsurarea impulsului de tensiune aplicat la bornele aparatului de încercat.

b. Metode sonice şi ultrasonice.

c. Metode bazate pe detectarea emisiei luminescente.

Se prezintă apoi problemele privind calificarea unui material izolant şi cele legate de rezistenţa la căldură a izolaţiei. Ultima parte este exemplificată pe alternatoare şi transformatoare de forţă şi de măsură, condensatoare şi cabluri.

Discuţiile de la sfîrşitul numărului scot în evidenţă actualitatea problemelor, aplicaţiile lor în diverse sectoare de activitate practică, schemele şi aparatele de măsură folosite în prezent la detectarea descărcărilor parţiale şi metodele preconizate pentru coordonarea izolaţiei maşinilor şi aparatelor electrice.

A. Carabulea

CZ 517.9+518.5:621.3.011

F. Ceschino şi I. Kuntzmann: **Probleme diferenţiale cu condiţii iniţiale** (Problèmes différentiels de conditions initiales). Paris, Dunod, 1963, 372 pag.

O serie de probleme importante ale fizicii şi ştiinţelor tehnice cer determinarea foarte precisă a soluţiilor unor sisteme diferenţiale complicate, cu condiţii iniţiale. Într-o măsură mai mică astfel de probleme intervin însă şi în ştiinţele economice şi în biologie.

Maşinile electronice de calcul, de toate mărimile, sînt utilizate în prezent pentru rezolvarea problemelor care duc la ecuaţii sau sisteme de ecuaţii diferenţiale cu condiţii iniţiale. Aceasta justifică în primul rînd publicarea unei astfel de lucrări, destinată atît teoreticianului, cît şi celor ce se ocupă cu aplicaţii.

Autorii atacă metodele de integrare a problemelor diferenţiale cu condiţii iniţiale de la bază. Apoi, principiile metodelor clasice sînt examinate în detaliu, ceea ce permite alegerea acelei variante care este cea mai avantajoasă în cazul dat (în particular dacă se utilizează un calculator electronic). Sînt prezentate de asemenea şi concepţii în întregime noi.

Lucrarea reprezintă o punere la punct a chestiunilor privind integrarea numerică a problemelor diferenţiale cu condiţii iniţiale. Cu toate că literatura consultată este foarte abundentă, cartea nu este o compilaţie, autorii căutînd a grupa formulele şi metodele propuse în jurul unei idei centrale. Ei au pus, de asemenea, mai multă ordine în terminologie, care în acest domeniu prezenta unele lacune. În sfîrşit, autorii au studiat o serie de probleme teoretice care în final au dus la noi formule de integrare.

Marea rapiditate a calculului electronic modern face posibilă nu numai utilizarea procedeelor simple, ci şi a metodelor complexe cerute de amploarea crescîndă a problemelor.

Instrumentul principal în tot studiul este seria Taylor, lăsînd la o parte o serie de alte metode.

În partea de introducere sînt cuprinse noţiunile generale privind problemele cu condiţii iniţiale, teoremele de existenţă şi unicitate pentru o ecuaţie de ordinul 1, un sistem pus sub forma canonică şi un sistem pus sub forma explicită. Tot aici sînt indicate acele probleme de fizică sau tehnică, devenite aproape clasice şi a căror formulare duce la ecuaţii sau sisteme de ecuaţii diferenţiale cu condiţii iniţiale, cum sînt: mişcarea unui punct sau a unui solid sub acţiunea unor forţe date, regimurile tranzitorii şi problemele economice sau biologice relative la evoluţia unei situaţii.

Tot în partea de introducere au fost incluse metodele de rezolvare aproximative, printre care metoda liniei poligonale a lui Cauchy-Lipschitz, pentru cazul ecuaţiei: $y' = Y(y, t)$, $y(t_0) = y_0$ şi metoda de iteraţie a lui Picard. Tot aici se indică şi întrebuinţarea seriei Taylor.

În încheierea acestei prime părţi se fac o serie de consideraţii asupra erorii şi asupra posibilităţilor de verificare şi evaluare a erorii, cum şi asupra utilizării materialelor de calcul.

Partea a doua a cărţii este dedicată metodelor cu paşi separaţi: metoda Euler, Euler-Cauchy şi Runge-Kutta.

Metoda Euler este dată atît pentru ecuaţia de ordinul 1, cît şi pentru un sistem (ales pentru simplificarea expunerii de ordinul 1 cu două necunoscute).

Sub forma canonică acest sistem este:

$$u' = U(u, y, t), \qquad u(t_0) = U_0,$$
$$y' = Y(u, y, t), \qquad y(t_0) = Y_0.$$

Procedeul este însă valabil şi în cazul general.

Metoda Euler-Cauchy este echivalentă cu metoda Runge-Kutta de ordinul 2. Pentru această din urmă metodă sînt expuse cu detalii de calcul şi variantele perfecţionate (constituind metode de calcul mai puternice), denumite metoda Runge-Kutta de ordinul 3, 4 şi 5.

În continuare se tratează ceea ce autorii numesc „reataşarea" la metoda Runge-Kutta a diverselor metode cu pas separat.

Printre acestea se enumeră metoda lui Blaess, formulele Runge-Kutta implicite, total implicite şi metoda pentru sisteme de forma:

$$x^{(p)} = X(x, \ldots, x^{(j)}, x^{(j+2)}, \ldots, x^{(p-1)}, t).$$

În partea care urmează, dedicată în mod special metodelor de integrare cu paşi legaţi, atenţia autorilor este concentrată asupra metodei Adams şi analogelor ei.

Este expusă mai întîi teoria generală pentru sisteme sub forma canonică, dîndu-se atît formulele explicite, cît şi cele implicite. Pentru sisteme conţinînd derivate de ordin superior, se face o teorie specială, pornind de la forma vectorială:

$$x^{(p)} = X(t, x, x', \ldots, x^{(p-1)},$$

cu: $x(t_0) = x_0$; $x'(t_0) = x_0'$; ...; $x^{(p-1)}(t_0) = x_0^{(p-1)}$ şi pornind de la formula exactă:

$$x^{(p-k)}(t_{i+1}) = \sum_{j=0}^{k-1} \frac{h_j}{j!} x^{(p-k+j)}(t_i) +$$

$$+ \underbrace{\int_{t_i}^{t_{i+1}} \cdots \int_{t_i}^{t}}_{\text{de } k \text{ ori}} X(t)\, dt \ldots dt$$

Sînt, de asemenea, tratate şi alte metode de integrare cu paşi legaţi, printre care cele mai importante sînt: metodele pentru integrarea sistemelor de forma particulară $x^{(p)} = X(x, t)$ (de exemplu pentru $p = 2$ se aplică formula lui Störmer) şi $x^{(2p)} = X(x, t)$ (formula de interpolare a lui Stirling) şi formulele de tip Obrechkoff.

O problemă importantă este aceea a studiului stabilităţii metodelor examinate. O formulă de integrare poate fi de unul din tipurile: puternic stabilă, slab stabilă şi instabilă. Această teorie este de mare importanţă pentru aplicaţii, deoarece indică modalitatea alegerii convenabile a valorilor de plecare, astfel încît să se poată utiliza chiar o formulă slab stabilă.

Ultima parte a cărţii grupează o serie de cunoştinţe şi consideraţii teoretice sub denumirea: „Complemente teoretice şi practice". Astfel, sînt tratate, sub denumirea „Consideraţii teoretice", proprietăţile invarianţei şi ale rădăcinilor caracteristice. Tot aici mai sînt cuprinse matricea de propagare cu proprietăţile ei algebrice şi diferenţiale şi aşa-numita funcţie de propagare.

Un studiu teoretic aprofundat asupra erorilor de calcul, care apar în cursul aplicării metodelor cu paşi separaţi şi cu paşi legaţi, constituie, de asemenea, obiectul acestei părţi, care se încheie cu aplicarea metodelor de integrare numerice (prin paşi) la rezolvarea ecuaţiilor integrale de tip Volterra.

Sub denumirea: „Consideraţii practice", autorii înglobează o serie de elemente indispensabile calculului practic al soluţiei. Astfel, intervin aici evaluarea practică a erorii comise în calcul, în cazul diferitelor metode aplicate, evaluarea erorii globale comise, alegerea pasului, schimbarea pasului, cum şi o serie de reflecţii generale asupra metodelor de calcul globale.

Autorii dau, de asemenea, în încheiere o serie de criterii care pot duce, în final, la alegerea metodei de integrare în funcţie de: timpul de programare şi de punere la punct, existenţa unor programe similare, numărul de cazuri de tratat, personalul utilizat pentru calcul şi altele. Reţete tip pentru alegerea metodei celei mai potrivite nu se pot da.

În calculul numeric, acordul perfect între teorie şi practică este foarte rar, ca urmare a realizării imperfecte a noţiunii de infinit mic. De aceea, autorii au efectuat, în paralel cu studiul teoretic, numeroase calcule pe maşinile electronice de calcul IBM-650 şi Gamma BULL. Ca urmare, în lucrare au fost incluse exemple destinate a convinge pe cititor de caracterul realist al metodelor propuse.

Lucrarea se adresează tuturor celor care au de tratat direct sau indirect probleme de calcul, cercetătorilor matematicieni, fizicieni şi ingineri, corpului didactic şi studenţilor şi, în general, persoanelor interesate în calculul numeric şi în analiza numerică.

Scrisă la un nivel superior, lucrarea se distinge printr-o tratare clară şi o expunere uşoară a problemelor. O ilustrare cu exemple luate din viaţa practică (care nu lipseşte totuşi) ar fi putut să fie mai bogată.

CZ 621.316.419(022)(498)

C. STEINBERG. **Teoria și proiectarea aparatelor electrice**, vol. I. București, Editura didactică și pedagogică, 1964, 445 pag., 350 fig., 61 tab., 120 ref. bibl. și 1 anexă.

Nu de mult a apărut cartea profesorului C. Steinberg, intitulată „Teoria și proiectarea aparatelor electrice", vol. I, fost profesor la Institutul politehnic din București, șeful disciplinei de aparate electrice. În concepția inițială profesorul C. Steinberg intenționa să scoată această carte în trei volume. Volumul I, care a apărut, și a cărui recenzie este prezentată, tratează despre bazele teoretice ale aparatelor electrice. În volumul II se intenționa să se trateze despre aparatele de înaltă tensiune, iar în volumul III, despre aparatele de joasă tensiune, aparatele de protecție și reglaj, cum și despre unele aparate speciale.

Moartea prematură a regretatului profesor nu i-a îngăduit să vadă tipărit nici volumul I, rămînînd colaboratorilor săi sarcina de a continua munca neobosită pe care profesorul C. Steinberg a dus-o pînă în ultimele clipe ale vieții sale.

Lucrarea apărută cuprinde șapte capitole:

În capitolul I, intitulat „Introducere, clasificare, terminologie, standarde și condiții tehnice", se face clasificarea aparatelor electrice, după anumite criterii, cum ar fi: criteriul de clasificare după tensiunea de funcționare, după funcția pe care o are de îndeplinit, după destinația în exploatare, după regimul de funcționare. În continuare se vorbește despre terminologie și definiții, prezentîndu-se caracteristicile electrice (tensiuni, curenți, puteri de scurtcircuit, frecvențe), elementele componente ale aparatelor electrice (elemente conductoare, izolatoare), aparatele de conectare, dispozitivele de acționare și de blocare, dispozitivele de comandă, operațiile aparatelor de conectare, aparatele de protecție și caracteristicile privind locul de funcționare. Se prezintă apoi unele probleme legate de standardizarea aparatelor electrice, ca nomenclatură, principalele standarde referitoare la aparatele electrice, cum și conținutul unui standard de stat.

În capitolul II, „Teoria și calculul electromagneților", după ce se face o scurtă introducere, se prezintă unele definiții, domenii de utilizare, clasificări, tipuri constructive de electromagneți, legile și teoremele fundamentale ale circuitelor magnetice. De asemenea, se tratează despre fluxul de dispersii, schemele echivalente de electromagneți, tensiunile magnetice în fier și întrefier, curbele de magnetizare folosite pentru calculul electromagneților, calculul permeanțelor căilor de flux în aer (cu metodele care se folosesc, cum și calculul permeanțelor căilor fluxurilor de dispersii și al permeanțelor reduse de scăpări), calculul factorului de scăpări, calculul circuitelor magnetice cu pierderi în fier neglijabile, calculul circuitelor magnetice în curent alternativ pentru electromagneți cu pierderi în fier, calculul curenților și puterilor absorbite de electromagneți, calculul forțelor în mecanismele electromagnetice, vibrația armăturii electromagneților, caracteristicile electromagneților, timpul de acționare a mecanismelor electromagnetice, înfășurările electromagneților, prezentînd și unele tipuri de electromagneți cu înfășurări speciale.

În capitolul III, „Încălzirea aparatelor electrice (calculul termic)", după unele generalități și definiții (cîmp de temperatură, gradient de temperatură, debit de căldură, flux de căldură, bilanț termic), se tratează despre sursele de căldură în aparatele electrice, transmisia căldurii prin conducție, prin convecție, prin radiație, cum și transmisia combinată a căldurii, încălzirea corpurilor cu surse interne de căldură, răcirea corpurilor, regimurile de încălzire. În continuare se tratează despre încălzirea conductoarelor omogene străbătute de curenți de scurtcircuit (stabilitatea termică a aparatelor), încălzirea conductoarelor cu secțiune variabilă, încălzirea de scurtă durată a unui conductor prin sursă de căldură cu temperatură constantă la un capăt, încălzirea conductoarelor izolate, a bobinelor și aparatelor izolate, metode pentru determinarea rapidă și pentru măsurarea temperaturii, temperaturile admisibile în aparatele electrice.

Capitolul IV, „Forțe electrodinamice" tratează despre calculul forțelor electrodinamice între conductoare filiforme, între două conductoare paralele de secțiune neglijabilă, unul de lungime finită și unul de lungime infinită, plasate simetric unul față de altul într-un mediu de permeabilitate constantă, forța electrodinamică între două conductoare paralele simetrice de lungime finită și de secțiune neglijabilă între două conductoare paralele de secțiune neglijabilă și de lungimi inegale, forța electrodinamică între două conductoare paralele de lungime finită și de secțiune dreptunghiulară, forțe electrodinamice asupra conductoarelor circulare, între două spire de aceeași rază, între două conductoare perpendiculare de secțiune circulară și lungime finită, forțe electrodinamice asupra unei punți, momente exercitate de forțele electrodinamice asupra conductoarelor străbătute în formă de curenți (momente în sisteme de conductoare în formă de U, momentul față de centrul punții într-un sistem de conductoare în formă de U și Z), forțe electrodinamice asupra conductoarelor plasate în apropierea unor pereți de fier, apoi forțe electrodinamice în cazul curenților de fier, apoi forțe electrodinamice în cazul curenților variabili, în curent alternativ trifazat, în cazul așezării conductoarelor în vîrful unui triunghi echilateral, forțe electrodinamice în cazul curenților trifazați simetrici, rezonanță mecanică, încheind cu stabilitatea electrodinamică a aparatelor.

Capitolul V, „Teoria și tehnica conectării și deconectări circuitelor electrice", prezintă la început unele fenomene care însoțesc descărcările în gaze, cîteva noțiuni despre ionizarea gazelor, trecînd apoi la arcul electric în aparatele electrice (ocupîndu-se de fenomenele care însoțesc arcul, mijloacele de stingere a arcului și caracteristicile de ardere a arcului în aparatele de conectare), stingerea arcului, stabilirea tensiunii la bornele aparatelor de conectare (în circuite de c.c. și în circuite de c.a.), parametrii caracteristici ai tensiunilor oscilante de restabilire, restabilirea rigidității dielectrice a spațiului de arc, interpretarea unei oscilograme la ruperea unui scurt. circuit, energia dezvoltată în arcul electric, capacitatea și puterea de rupere a aparatelor de conectare, dispozitive de stingere a arcului (tratînd despre principalele mijloace de stingere), încheind capitolul cu prezentarea camerelor de stingere folosite uzual, dînd și unele elemente de dimensionare a acestor camere.

În capitolul VI, „Contacte electrice", după ce se fac unele considerații generale, prezentîndu-se unele definiții și cîteva noțiuni privind bazele teoretice ale fizicii contactelor, se tratează despre rezistența datorită stricțiunii curentului în locurile de contact, despre oxidarea contactelor, modul cum se calculează rezistența de contact și încălzirea contactelor (considerînd rezistivitatea materialului contactului constantă și variabilă în timp), fenomenele privind coroziunea contactelor, se face apoi o clasificare a contactelor, se arată cursa contactelor, detaliile constructive, materialele folosite pentru construcția contactelor amovibile, tratarea galvanică sau chimică a contactelor, procedeele de prelucrare a suprafețelor de contact, fenomenele privind vibrația contactelor (vibrație provocată de forțele electrodinamice sau de ciocnirea acestora), despre eroziunea contactelor, în final descriindu-se unele contacte amovibile.

În ultimul capitol al lucrării, „Izolația aparatelor electrice", după ce se prezintă cîteva noțiuni de terminologie și standarde, privind izolația aparatelor electrice, se tratează despre caracteristicile izolanților, fenomene în dielectrici datorită repartiției neuniforme a cîmpului electric, stabilitatea termică a materialelor electroizolante, făcîndu-se apoi o clasificare a acestor materiale.

În concluzie, lucrarea apărută constituie un prețios material de documentare atît pentru cei care se pregătesc în domeniul aparatelor electrice, cît și pentru cei care construiesc și exploatează aparate electrice. Lucrarea este cu atît mai valoroasă cu cît ea este singura de acest fel apărută la ora actuală la noi în țară, reușind să sintetizeze un vast material documentar apărut în publicații indigene, și străine

REFERATE

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.333.317.

Chaleil, T. **Măsurarea randamentului motoarelor asincrone trifazate** (La mesure du rendement des moteurs asynchrones triphasés). In.: R.G.E. **73**, nr. 9, sept 1964 p. 443 — 453, 8 fig.

Încercările efectuate arată cum se poate determina randamentul motoarelor asincrone trifazate prin metoda separării pierderilor. Din cele expuse rezultă că se poate pune în evidenţă şi considera în calcule un surplus de pierderi mecanice, corespunzînd punerii sub tensiune a motorului.

Aplicarea metodei descrise are la bază date experimentale măsurate la funcţionarea în gol şi în sarcină parţială a motorului asincron. Se ajunge la aplicarea metodei separării pierderilor, după ce se expun şi se critică metodele folosite în decursul timpului pentru măsurarea randamentului motorului asincron trifazat. Autorul arată cum a realizat instalaţia experimentală şi expune schema şi aparatele de măsură utilizate. De asemenea, se dă curba de variaţie a pierderilor în funcţie de tensiunea aplicată la bornele motorului. Se descriu bancul de probă şi măsurările intermediare realizate, pentru a se putea aplica metoda separării pierderilor. Se dau relaţii analitice pentru determinarea pierderilor în fier, a pierderilor mecanice şi a pierderilor variabile cu sarcina. Se pun în evidenţă pierderile suplimentare, atît la mersul în sarcină, cît şi la mersul în gol al motoarelor asincrone. Procedîndu-se sistematic, se arată cauzele care duc la pierderi suplimentare în stator şi în rotor, şi se indică ordinul lor de mărime, atît pentru gol, cît şi pentru sarcină. În încheiere se indică eroarea metodei propuse, discutate şi aplicate la măsurarea randamentului motoarelor asincrone trifazate, în raport cu metodele recomandate de diverşi autori.

A.C.

CZ 621.313.2—712.2.017.72

Danko, V. G. **Dispozitive de îmbunătăţire a ventilaţiei maşinilor de curent continuu** (Spasobi ulucişeniia ventillaţii krupnîh maşin postoiannogo toka). In: Elektrotehnika **35**, nr. 4, apr 1964, p. 39—42, 4 fig., 2 tabl., 4 ref. bibl.

Se studiază diverse variante privind adaptarea aripioarelor de ventilaţie şi se prezintă cinci moduri de dispunere a elementelor de ventilaţie în cazul maşinilor electrice de curent continuu, de mare putere. Pentru asigurarea circuitului de aer, autorul propune practicarea unor orificii în stator şi rotor. În privinţa formei acestor orificii se dă indicaţia ca acestea să fie astfel executate şi să se realizeze la dimensiuni precalculate, încît să asigure o răcire suficientă a părţilor celor mai solicitate din punct de vedere termic. Se arată modul de calcul al elementelor care compun dispozitivul de ventilaţie la maşinile electrice mari, ţinînd seamă de turaţia maşinilor de curent continuu şi de dimensiunile pieselor care contribuie la ventilare. Rezultatele teoretice obţinute se compară cu o serie de date experimentale la care a ajuns autorul. Concluziile pun în evidenţă eficacitatea celui mai indicat sistem de ventilaţie, iar exemplul numeric ce însoţeşte lucrarea arată cum se calculează elementele care intervin la ventilare. Performanţele sistemelor analizate teoretic şi practic indică posibilitatea aplicării lor la maşinile electrice de curent continuu de mare putere, în scopul răcirii.

A.C.

CZ 621.319.52.313.048

Borusko, V. S. ş. a. **Cîteva corelaţii între posibilitatea de distrugere a izolaţiei barelor generatoarelor de înaltă tensiune şi diferiţii parametri ai barelor** (Nekotoriie sootnoşeniia mejdu povrejdaenostim izoliaţii sterjnei obmotok visokovoltnih gheneratorov i razlicinimi parametrami sterjnei). In: Elektrotehnika **36**, nr. 8, 1964, p. 11—13, 1 fig., 2 tabl.

Se studiază factorii determinanţi ai procesului de străpungere a izolaţiei barelor diferitelor tipuri de maşini electrice mari, respectiv turbo şi hidrogeneratoare. În acest scop s-au folosit barele a patru tipuri de maşini mari izolate după metode clasice, respectiv cu izolaţie discontinuă pe bază de mică şi cu lianţi termoplastici pe bază de răşini oleo-bituminoase. Puterile acestor generatoare sînt între 12 şi 200 kW, iar tensiunile nominale de 10,5; 13,8 şi 15,75 kW. Din acest studiu au reieşit următoarele rezultate. S-au avariat mai multe bare la acele generatoare la care probabilitatea distrugerii mecanice a părţilor de capăt şi probabilitatea creării de puncte slabe în procesul de izolaţie sînt mai mari. La barele turbogeneratoarelor, probabilitatea ivirii punctelor slabe în izolaţie este mai mare decît la barele hidrogeneratoarelor, datorită unor elemente dimensionale, şi anume: dimensiuni mai mari în lăţime şi greutate mai mare a părţilor de capăt. La toate turbogeneratoarele studiate, avarierea în partea de crestătură a fost în proporţie de 20—40%. Restul străpungerilor au fost în porţiunile de trecere de la crestătură la părţile de capăt. La hidrogeneratoare, din contră, 79% din străpungeri au avut loc în partea de crestătură şi numai 16% în porţiunile de trecere. În concluzie se arată că, pentru mărirea siguranţei în exploatare a maşinilor electrice mari, este necesară trecerea la schemele de izolaţie moderne cu lianţi şi materiale de impregnare sintetice, de tip termoreactiv.

A.B.

CZ 621.314 *Transformarea energiei electrice. Transformatoare. Redresoare*

CZ 621.314.6 :621.315.1.027.8/9

Lamm Uno. **Redresoare cu vapori de mercur pentru transmisia în curent continuu la înaltă tensiune** (Mercury — arc valves for high — voltage d.c. transmission). In: Proc. Inst. electr. Engrs., **111**, nr. 10, oct 1964, p. 1747—1753, 7 fig.

Folosirea curentului continuu pentru transportul energiei electrice necesită transformarea curentului alternativ în curent continuu de înaltă frecvenţă la pornire, şi transformarea înapoi din curent continuu în curent alternativ la sosire. În timpul cînd se consideră că redresările electronice nu vor putea în acelaşi timp să aibă pierderi mici şi să facă faţă tensiunilor înalte, a fost natural să se preconizeze redresarea prin contacte mobile. Această redresare nu poate să răspundă suficient de repede la fenomenele tranzitorii care pot să apară în caz de accident sau numai de schimbare bruscă de sarcină. S-au propus la început redresoare electronice cu vid atît de mare, încît ionizarea să nu aibă importanţă; dar căderea de tensiune între anod şi catod fiind considerabilă, au rezultat pierderi mari şi probleme de răcire greu de rezolvat. Pentru redresoarele cu vapori de mercur, problema de bază, analizată în acest articol, a fost extinderea tensiunii pînă la valorile înalte necesare.

Se arată în detaliu cerinţele pe care trebuie să le satisfacă un redresor cu vapori de mercur modern, eforturile prin care s-a ajuns la soluţii mulţumitoare şi sînt făcute anumite consideraţii asupra funcţionării circuitelor. Se descrie în detaliu redresorul cu vapori de mercur, cu electrozi intermediari între anod şi catod, la care se aplică diverse tensiuni reglabile de la divizori de tensiune exteriori; anodul şi electrozii intermediari sînt amplasaţi într-un tub lung de porţelan. Baterii de astfel de redresoare cu vapori de mercur sînt în prezent disponibile pentru 150 kV şi se studiază aplicarea lor la 200 kV.

H.A.

CZ 621.314.212.027.81/82: 621.3.012.001.14

Quilico, S. şi Bortolotti, S. **Problema alegerii caracteristicilor marilor transformatoare de înaltă tensiune.** În: L'Elettrotecnica, vol. **51**, nr. 9, sep 1964, p. 691—695.

Se atacă problemele ce se pun proiectantului la alegerea marilor transformatoare din reţelele electrice de înaltă şi foarte înaltă tensiune. Se discută domeniul de reglaj al tensiunii, mărimea puterilor de scurtcircuit, valorile coeficientului de punere efectivă la pămînt a neutrului, problema numărului şi puterii unităţilor de transformatoare şi auto-

transformatoare, mărimea tensiunii de scurtcircuit, necesitatea prevederii unei înfăşurări terţiare, problema alegerii între un transformator trifazat şi trei sau patru unităţi monofazate, problema încărcării şi a nivelului de izolaţie. Prezentarea şi discutarea problemelor au un caracter general.

A.R.

CZ 621.315.6 *Materiale izolante*

CZ 621.315.61 :621.56/56

Lapciuk, V. A. **Rezistenţa la freon a materialelor electroizolante** (Freonostoikosti elektroizoliaţionnih materialov). In: Elektrotehnika **35**, nr. 6, 1961, p. 31—35, 3 fig., 7 tabl., 6 ref. bibl.

Dezvoltarea industriei frigotehnice cere industriei electrotehnice noi tipuri de electromotoare pentru acţionarea agregatelor frigorifice. Aceste electromotoare trebuie să lucreze într-un mediu combinat de freon şi de ulei special de ungere (cu calităţi dielectrice ridicate). De aceea, materialele componente ale schemei de izolaţie trebuie să fie rezistente la acţiunea freonului şi a uleiului mineral. Se studiază următoarele materiale: conductoare emailate, materiale din folii sintetice stratificate, izolaţii de crestătură şi materiale pentru bandajarea părţilor de capăt ale bobinajelor. În urma acestui studiu au rezultat următoarele recomandări. Pentru bobinajele electromotoarelor de gabaritul 2, unde condiţiile de umplere a crestăturii nu permit folosirea conductoarelor cu izolaţie din email-bumbac, se pot folosi conductoare PEV-2. Ţinînd seamă de faptul că aceste electromotoare nu sînt supuse la eforturi electrodinamice mari, nu este necesară impregnarea bobinajelor. Pentru electromotoarele de gabarite mai mari se recomandă folosirea conductoarelor cu izolaţie email-bumbac tip PELBO şi cele cu izolaţie din email viniflex şi un strat de LAVSAN (tipul sovietic de folie tereftalică). Pentru izolaţiile de crestătură dintre faze şi dintre straturi se recomandă folosirea foliilor de materiale plastice tip LAVSAN combinate cu preşpan. Bandajarea părţilor de capăt ale bobinajelor se va face cu bandă de bumbac. Impregnarea electromotoarelor cu conductoare izolate cu email-bumbac se recomandă a se face cu lac bachelitic.

A.B.

CZ 621.315.6.067

Viale, M. F. **Aplicarea măsurărilor de descărcări parţiale la studiul izolaţiei materialului electric** (Application des mesures de décharges particlles à l'étude de l'isolation du matériel électrique). In: Bull. S.F.E., nr. 57, sept 1964, p. 601—608, 2 fig., 12 ref. bibl.

Problema fundamentală constă în faptul următor: calificarea calităţii unui izolant pornind de la măsurări de descărcări parţiale — electrice, sonice sau ultrasonice, detectare de emisiuni luminoase — depinde de cunoaşterea elementelor care determină nocivitatea lor, elemente pe care însă nu le pun decît greu în evidenţă. Evaluarea nocivităţii poate fi făcută în cazuri simple cînd prin analogie se pot stabili relaţii între tensiunea de prag a descărcărilor parţiale, raportată la supratensiuni crescînde, şi timpul de aplicaţie al acestora. Lucrul se verifică practic la condensatoarele de putere din reţele. Nu se mai poate conta pe analogie atunci cînd, din cauza complexităţii izolaţiei, cauzele descărcărilor parţiale se diversifică şi multiplică. Se încearcă studierea pe machete, rezultatele nu sînt concludente din cauza dificultăţii de a reproduce exact repartiţia cîmpului electric, ceea ce duce la obligaţia conservării ordinului de mărime al structurilor izolante.

În cazul alternatoarelor, măsurarea descărcărilor parţiale a dat rezultate importante. În cazul transformatoarelor de putere — unde însă descărcările parţiale nu sînt o indicaţie de pericol imediat — rezultatele obţinute pînă acum sînt slabe din cauza prezenţei unor materiale foarte diferite. Dacă pentru unele părţi se pot determina condiţii de nocivitate, ca în cazul condensatoarelor de mai sus, o generalizare nu este permisă. Se vor începe studii pe machete care vor trebui să analizeze fenomenele determinate în timpul fabricaţiei şi numai în urmă cele datorite îmbătrînirii, cu cauze diverse de descărcări parţiale considerate separat sau în combinaţii cunoscute. Măsurări de descărcări parţiale asupra transformatoarelor înseşi nu se fac astăzi, interpretarea rezultatelor fiind prea nesigură.

La cabluri, măsurările de descărcări parţiale aduc mari servicii în timpul fabricaţiei. Se poate determina viaţa cablurilor în funcţie de valoarea amplitudinii descărcării.

Măsurările de descărcări electrice parţiale dacă nu permit încă astăzi reglementarea calitativă a unei unităţi electrice, reprezintă o cale de analiză fină a izolaţiei şi deci indispensabilă cercetărilor în acest domeniu.

P.Z.

CZ 621.316 *Reţele de distribuţie a energiei electrice*

CZ 621.316.53.001.2

Ose, K. **Tendinţe de dezvoltare în construcţia aparatelor electrice de joasă tensiune** (Entwicklungstendenzen im Niederspannungs-Schaltgerätebau). In: Elektro-Anz. **17**, nr. 10, 8 apr 1964, p. 25—28, 12 fig.

Se discută posibilitatea reducerii schemelor electrice de alimentare a consumatorilor la joasă tensiune şi se propun o serie de soluţii privind realizarea a cîtorva tipuri de scheme cît mai simple şi cu posibilităţi multiple de manevrare.

Schemele comentate realizează şi o protecţie electrică corespunzătoare, cum ar fi protecţia maximă de curent, limitarea curentului la pornirea maşinilor electrice şi asigurarea duratei cît mai mari de funcţionare a maşinilor electrice.

Din descrierea aparatajului prezentat în articol, autorul scoate în evidenţă tendinţa de a se reduce mult numărul de tipuri de aparate şi dimensiunile acestora, chiar pînă la miniaturizarea aparaturii din schema de alimentare a consumatorilor industriali. Pe lîngă avantajele pe care le prezintă schema de funcţionare cu astfel de aparate, autorul precizează posibilitatea practică de mărire a seriilor de fabricaţie pentru acelaşi spaţiu de producţie. În acest scop se indică folosirea materialelor electroizolante noi cu respectarea verificării la solicitări mecanice a aparatelor realizate. Se menţionează că se construiesc întreruptoare moderne de joasă tensiune care închid aparatul de protecţie şi, de la caz la caz, realizează închiderea demarorului stea-triunghi. Tendinţa de dezvoltare a noii construcţii de aparate electrice se aplică atît la aparatajul monofazat, cît şi la cel trifazat.

A.C.

CZ 621.316.722.322.078

Goidenko, P. P. **Regulatoare de tensiune automate pentru generatoare sincrone** (Automaticeskie reguleatori naprajeniia dlia sinhronnih gheneratorov). In: Elektrotehnika **35**, nr. 4, apr 1964, p. 44—45, 1 fig.

Se descrie o nouă variantă de regulator de tensiune echipat cu două redresoare şi destinat asigurării tensiunii constante la bornele generatoarelor sincrone. Folosind un sistem mecanizat se reglează curentul din circuitul de excitaţie, prin intermediul unei înfăşurări suplimentare parcurse de curent. Curentul din bucla amintită este astfel dirijat încît să permită reglarea tensiunii printr-o buclă sensibilă de tip wattmetric. Alimentarea sistemului de reglare se asigură de la circuitul principal al maşinii electrice de curent alternativ prin intermediul unui transformator de tensiune trifazat. Transformatorul are două secundare care alimentează circuitele de redresare. Instalaţia mai are două transformatoare de curent monofazate plasate pe cîte una dintre fazele de alimentare.

Instalaţia descrisă a fost experimentată la reglarea tensiunii unor generatoare de mare putere de 150—400 MW. Regulatorul se construieşte în două variante avînd simbolurile P.H.A.—60 şi P.H.A.—62. În articol se indică schema de principiu a tipurilor de regulatoare descrise şi recomandate.

A.C.

CZ 621.317 *Măsurări electrice. Aparate de măsură*

CZ 621.317.153.089.6

Kociubievski, I. D. şi Stajmeister, V. A. **Model dinamic universal de sarcină, pentru încercarea sistemelor automate** (Universalnaia dinamiceskaia model nagruzki dlia ispîtania avtomaticeskih sistem). În: Elektrotehnika **35**, nr. 4, apr 1964, p. 1—3, 3 fig., 8 ref. bibl.

După încadrarea problemei, autorul precizează că modelul dinamic are rol de element automatizat în dispozitivele experimentale de verificare a funcţionării instalaţiilor automate. Calculul unui astfel de model se face în aşa fel încît să satisfacă ecuaţia diferenţială de mişcare a unui element acţionat, de tip rotativ. În acest scop trebuie cunoscute cuplul motor activ, momentul de inerţie, coeficientul de frecare şi viteza unghiulară a sistemului. Modelul poate deveni universal dacă parametrii enumeraţi sînt reglabili între anumite limite. Schema de funcţionare cuprinde: un bloc de calcul, un bloc de comandă compus dintr-un circuit de reglare închis cu trei mărimi de intrare şi o singură mărime de ieşire şi un sistem pentru încercări. Dispozitivul de automatizare cuprinde un amplificator static, o amplidină şi o cascadă. Ultima parte este formată din trei maşini de curent continuu. În funcţie de elementele care intervin (tensiuni, rezistenţe şi constante de timp) se stabileşte expresia operaţională a cuplului motor şi a curentului. În încheiere, autorul precizează aplicabilitatea modelului descris, arătîndu-se performanţele prezente şi dezvoltarea în perspectivă a unor astfel de instalaţii.

A.C.

CZ 621.365 *Electrocăldură*

CZ 621.36.002.2

Bömmer, P. **Tendinţe mai noi în producerea şi aplicarea căldurii obţinute prin electricitate** (Neuere Entwicklungen in der Erzeugung und Anwendung von Elektrowärme). In: Elektrizitätsverwertung, vol. **39**, nr. 1, ian 1964, p. 20—26, 7 fig.; 22 rapoarte de la Congresul de la Wiesbaden, sept 1963.

Rapoartele prezentate la cel de-al V-lea Congres internaţional cu privire la obţinerea căldurii prin electricitate se ocupă atît de obţinerea indirectă a căldurii din energia electrică, prin conductibilitate, convecţie sau prin radiaţii calorice infraroşii, cît şi de procedeele exclusiv rezervate electricităţii, prin încălzire directă, cîmpuri variabile magnetice şi electrice, microunde, plasma ca mediu intermediar de transformare de energie, radiaţii corpusculare. Aplicarea directă a efectului Joule asupra materialelor de încălzit reuşeşte satisfăcător, în unele cazuri, în industria alimentară şi în îmbrăcarea metalelor cu substanţe termoplastice.

Materialele semiconductoare şi, în special, siliciul nu pot fi obţinute astăzi la gradul de puritate cerut de utilizarea lor decît prin topire în cîmpuri magnetice alternative. Cu cîmpuri electrice de înaltă frecvenţă se obţin bune condiţii de încălzire dielectrică în industria alimentară. Neputîndu-se, practic, trece la tensiuni mai mari, s-a recurs la încălzirea prin microunde, apropiindu-ne de încălzirea cu unde infraroşii. Încălzirea inductivă şi încălzirea dielectrică, diferite la frecvenţe relativ joase, cedează locul absorbţiei de radiaţii electromagnetice de către materie, cu care se obţin timpi de reacţie mult mai scurţi. Aplicaţii reuşite sînt menţionate în uzul casnic, în forare, în combaterea insectelor.

Încălzirea şi uscarea cu raze infraroşii pot să fie utilizate în prezent la tratarea materialelor cu radiaţii infraroşii directe sau reflectate, pînă la temperatura de 2 500°C, în industria alimentară şi a metalelor.

Deoarece în tehnica modernă se folosesc pe scară tot mai largă metale din ce în ce mai curate şi mai omogene, lucrul acesta a dus la topirea metalelor în vid, unde se elimină gazele şi corpurile străine conţinute de metal. La început, acest proces avea loc în cuptoare de inducţie, care dădeau însă o ardere prea rapidă, iar astăzi, în cuptorul cu radiaţii electronice. O sursă de electroni din wolfram, de circa 100 A, accelerați de un cîmp electric, îşi dă aproape toată energia sub formă calorică la anode. Numai o parte neglijabilă a emisiunii se regăseşte sub formă Roentgen. În timpul emisiunii, o parte a materialului rămîne sub formă lichidă, permiţînd prelungirea procesului de degazificare. Puterea curentului electronic este de circa 1 000 kW, menţinîndu-se în cuptor un vid pînă la 10^{-6} torr.

P.Z.

CZ 621.315.51+53:621.791.763.004.6

Dubsky, I., Krizanovsky, L. şi Voracek L. **Influenţa îmbătrînirii prin căldură asupra proprietăţilor mecanice şi electrice ale legăturilor cupru-aluminiu sudate în colţ prin presare la rece** (Der Einfluss der Wärmealterung auf die mechanischen und elektrischen Eigenschaften von stumpf-kaltpressgeschweissten Kupfer-Aluminium Verbindungen). In: Elektrie, nr. 10, 1964, p. 73—75, 5 fig., 7 ref. bibl.

Întrebuinţarea, pe o scară din ce în ce mai mare, de aluminiu în construcţia maşinilor electrice a arătat că legătura cupru-aluminiu prezintă, datorită căldurii date de operaţia de sudare (sudare cu rezistenţă, autogenă etc.) şi căldurii din timpul funcţionării, un strat la suprafaţa de contact, de difuziune cristalină, a cărui grosime variază direct proporţional cu cantitatea de căldură absorbită la sudare şi în timpul funcţionării, şi care este cauza casabilităţii legăturii. La sudarea prin presare la rece, stratul intermediar cristalin nu apare; el se formează în măsură mai mică în timpul funcţionării. Important este să se stabilească temperatura de funcţionare admisibilă pentru ca stratul de contact să nu pericliteze elasticitatea legăturii. Cele mai bune informaţii mecanice le-a dat proba de lovire mecanică la un ciocan tip IZOD, stabilindu-se lucrul mecanic necesar pentru ruperea legăturii.

Pentru modificările electrice sînt concludente măsurările care stabilesc valoarea rezistenţei de contact cupru-aluminiu, executate cu o punte Wheatstone avînd pe un braţ un termistor, obţinîndu-se astfel variaţia rezistenţei de contact în funcţie de temperatură. Rezultatele arată că rezistenţa specifică este maximă în punctul de legătură cupru-aluminiu şi că rezistenţa de contact creşte cu îmbătrînirea prin căldură. Există şi anomalii datorite recristalizărilor. Se poate spune că legăturile de cupru-aluminiu obţinute prin presare în colţ la rece sînt utilizabile cu multă siguranţă — de exemplu, în cazul legăturilor de contact ale unui colector de maşină de c.c., făcute printr-un adaos de cupru — pînă la o temperatură de funcţionare care să nu depăşească 155°C. Este important ca nici în timpul construcţiei maşinii această temperatură să nu fie depăşită.

P.Z.

CRONICĂ

CZ 061.3: 621.3(498) C.I.G.R.É.„1966"

COMITETUL NATIONAL ROMÎN
C.I.G.R.É

În cursul anului 1966 va avea loc la Paris sesiunea a 21-a a Conferinţei Internaţionale a Marilor Reţele Electrice.

Ţara noastră urmează să participe, ca şi la sesiunile precedente, cu rapoarte prezentate în cadrul contingentului fixat pentru comitetul nostru naţional.

Ca de obicei, rapoartele pentru sesiune vor fi selecţionate de comitetul naţional, urmînd a fi trimise la Paris pînă în luna aprilie 1965.

Rapoartele pentru sesiunea 1966 trebuie să se încadreze în următoarele grupe ce vor fi discutate la sesiune :

Grupa 11 : Alternatoare.
Grupa 12 : Transformatoare.
Grupa 13 : Întreruptoare.
Grupa 14 : Uleiuri şi izolanţi.
Grupa 15 : Structura staţiilor şi a substaţiilor.
Grupa 17 : Condensatoare.
Grupa 21 : Cabluri.
Grupa 32 : Concepţia şi funcţionarea reţelelor. Stabilitate.
Grupa 34 : Teletransmisiuni.
Grupa 35 : Perturbaţii radiofonice şi telefonice.
Grupa 41 : Coordonarea izolaţiilor.
Grupa 42 : Transportul în curent alternativ pe linii de înaltă tensiune.

Subiectele preferenţiale din cadrul grupelor au fost stabilite în cadrul comitetelor internaţionale de studiu ale CIGRÉ.

Rapoartele vor putea să trateze numai în mod excepţional şi alte chestiuni decît cele ce se încadrează în subiectele preferenţiale, cu condiţia ca ele să prezinte un interes deosebit şi să fie de actualitate.

Subiectele preferenţiale pentru sesiunea 1966 sînt următoarele :

Grupa 11 : Alternatoare

1. Caracteristici constructive şi funcţionarea maşinilor sincrone mari.
2. Probleme mecanice care apar în legătură cu dimensionarea şi funcţionarea maşinilor sincrone mari.
3. Sisteme de excitaţie şi definirea performanţelor lor.

Grupa 12 : Transformatoare

1. Accesoriile şi elementele transformatoarelor.
2. Uscarea şi impregnarea înfăşurărilor transformatoarelor.
3. Tendinţe în specificaţia încercărilor dielectrice pentru transformatoare mari de înaltă tensiune.

Grupa 13 : Intreruptoare

1a. Tensiunea tranzitorie de restabilire care apare în reţele cu ocazia întreruperii scurtcircuitelor din apropierea întreruptoarelor.
1b. Metode pentru reprezentarea tensiunii tranzitorii de restabilire, menţionată la punctul 1a, ca de exemplu metoda celor patru parametri.
1c. Defectul kilometric.
2a. Supratensiuni cu ocazia întreruperii curenţilor inductivi slabi.
2b. Supratensiuni cu ocazia întreruperii curenţilor capacitivi.
3. Comportarea arcului cu ocazia trecerii curentului prin nul.
4. Încercări indirecte.
5. Supratensiuni de manevră în reţele de foarte înaltă tensiune.

Grupa 15 : Structura staţiilor şi a substaţiilor

1. Distanţe de izolare în aer.
2. Folosirea materialelor izolante, în special pentru staţiile de tip interior.
3. Substaţii de 750 kV.

Grupa 17 : Condensatoare

1. Fabricarea condensatoarelor

1.1. Îmbătrînirea hîrtiei şi a impregnantului influenţată prin :
1.1.1. Supratensiuni : îmbătrînirea condensatoarelor pentru generatoarele de şoc, indicînd influenţa separată a supratensiunilor (frontul undei drept sau plat, coada undei oscilantă sau stabilă), ca un mod posibil de abordare a problemei îmbătrînirii, atît la frecvenţă industrială, cît şi în cazul solicitării prin supratensiune.
1.1.2. Ionizarea.
1.1.3. Temperatura cu sau fără tensiune şi sub o presiune atmosferică respectiv normală sau joasă, subliniind astfel diferenţa dintre influenţa temperaturii joase şi influenţa adiţională a scăderii presiunii cauzate de o temperatură joasă în cuvele rigide.
1.1.4. Timpul de uscare, impregnare şi temperatura.
1.2. Metode de apreciere a manifestărilor de îmbătrînire şi metode de îmbătrînire artificială, ca încercări de calitate şi de siguranţă ale acestor metode.

2. Hîrtii pentru condensatoare

Influenţa materiilor prime asupra calităţii (solicitarea tangentei unghiului de pierdere, îmbătrînirea).

3. Condensatoare în reţea

3.1. Repartiţia puterii reactive în reţele.
3.2. Probleme economice puse de condensatoare.
3.3. Amplasarea bateriilor de condensatoare în diferite puncte ale unei reţele de distribuţie.
3.4. Condensatoare şi redresoare (armonice), condensatoare şi cuptoare electrice (armonice şi pilpîiri).
3.5. Condensatoare serie după 15 ani de serviciu.

4. Ionizarea izolaţiei în condensatoare, transformatoare şi cabluri

Corelaţii între diferitele probleme şi colaborarea cu experţii în transformatoare şi cabluri.

Grupa 21 : Cabluri

1. Izolaţii sintetice.
2. Comportarea termică a cablurilor.
3. Fenomene de supratensiune în circuitul din învelişul cablului.
4. Cabluri de curent continuu.

Grupa 32 : Concepţia şi funcţionarea reţelelor — Stabilitate

1. Metode de concepţie a reţelelor.
2. Repartiţia economică a puterilor active şi reactive.
3. Interrelaţia dintre parametrii alternatoarelor şi parametrii sistemelor de excitaţie în măsura în care aceasta afectează stabilitatea.

Grupa 34: Teletransmisiuni

1. Folosirea teletransmisiunilor pentru protecție.
2. Normalizarea circuitelor buşon.
3. Normalizarea materialului pentru linii şi cuplaje.
4. Zgomote şi măsurarea zgomotelor.
5. Circuite buşon liniare.
6. Recomandări privind valorile caracteristice ale echipamentelor pentru curenți purtători.
7. Statisticile echipamentului pentru transmisiuni la distanță.

Grupa 35: Perturbații radiofonice şi telefonice

I. Perturbații de radio şi de televiziune

1. Un raport complet rezumînd şi analizînd, pentru fiecare țară, statisticile reclamațiilor pentru toate țările pentru care se dispune de asemenea statistici şi concluzii.
2. Perturbații de radio şi de televiziune cauzate de izolatoare (raportul asupra acestui subiect ar trebui să analizeze perturbațiile în funcție de banda de frecvență şi de natura izolatoarelor).
3. Corelația dintre măsurările efectuate în laboratoare şi cîmpurile de perturbații măsurate la liniile electrice lungi.

II. Perturbații telefonice

4. Studiul statistic al valorilor tensiunilor induse în liniile de telecomunicație în comparație cu valorile calculate conform metodelor admise în prezent (conform directivelor CCITT).

III. Perturbații induse în mod general

5. Problema influenței liniilor de energie asupra conductelor de gaze, de țiței şi asupra dispozitivelor de protecție care le sînt anexate.
6. Curenți şi tensiuni provocate în vehicule şi diverse structuri de către liniile de foarte înaltă tensiune.
7. Studiul critic al regulilor privind perturbațiile, în colaborare cu CCITT sau cu CISPR.

Grupa 41: Coordonarea izolațiilor

1. Supratensiuni de manevră între pămînt şi între fazele rețelei, provocate de închiderea şi deschiderea unui circuit, măsurări la fața locului şi calcule cu ajutorul modelului unui calculator analogic sau aritmetic, amplitudinea şi forma undelor de supratensiune de manevră, procedee statistice de tratare a rezultatelor încercărilor.
2. Rezistența la şoc şi la supratensiuni de manevră a izolației externe şi interne; influența ploii şi a poleiului, forma undelor care reprezintă supratensiunile de manevră, influența formei electrozilor.
3. Funcționarea descărcătoarelor la tensiune de şoc şi supratensiuni de manevră, influența ploii şi a poleiului, cerințe în legătură cu descărcătoarele (încercări cu unde lungi etc.).
4. Protecția contra tuturor felurilor de supratensiuni:
a. cu ajutorul descărcătoarelor (zone de protecție între nivelul rezistenței la şoc şi nivelul de protecție etc.);
b. alte mijloace (reactanțe şunt, aparataj de comutație adecvat). Comparații între mijloacele a şi b, avantaje, dezavantaje şi sfera de aplicare.
5. Principiile coordonării izolațiilor, teoria probabilității defectelor şi aplicarea acestor principii.

Grupa 42: Transportul în curent alternativ pe linii de înaltă tensiune

1. Probleme tehnice ridicate de folosirea noii trepte de tensiune 730—765 kV.
2. Nivele de tensiune superioare ultimei trepte de tensiune normalizate — progrese.
3. Reducerea costului liniilor.
4. Progrese recente privind liniile de transport de înaltă tensiune: efectele Corona, perturbații radiofonice, lucrări teoretice, supratensiuni.
5. Domeniu relativ la transportul în curent alternativ şi în curent continuu.

Pentru grupa 14, Uleiuri şi izolanți, urmează ca subiectele preferențiale să fie comunicate în cel mai scurt timp.

Regulamentul de întocmire a rapoartelor va fi trimis direct autorilor.

CZ 061.4(43) Leipzig „1965"

800 DE ANI DE TIRGURI INTERNAȚIONALE LA LEIPZIG

O aniversare unică în felul ei conferă o deosebită strălucire tîrgului internațional de la Leipzig din primăvara acestui an. Pregătiri intense au precedat desfăşurarea tîrgului tradițional în decada 28 februarie — 9 martie, sub lozinca „8 secole tîrg la Leipzig — pentru comerț şi pentru progres între popoare". În această ordine de idei ne reamintim de scrierile cronicarilor, care de la începuturile Principatelor Române, dar mai ales al Moldovei, au comentat legăturile comerciale stabilite încă de pe acele vremuri pe drumurile care traversau țările noastre între Orientul Mijlociu şi sediul tîrgului. Strada Lipscani din Capitală îşi datorește denumirea tot acestui tîrg de unde proveneau de mult mărfuri ce găseau mare căutare la noi şi unde se prezentau în schimb produse ale țărilor noastre.

Participarea la tîrgul jubiliar a fost excepțională. Țările socialiste au prezentat pe o suprafață de circa 40 000 m² un sortiment bogat de produse în expoziții colective pe țări sau pe ramuri industriale şi economice. Suprafața totală ocupată de tîrg întrece pe cea din anul trecut, care a fost de 320 000 m².

Țara noastră a participat activ la tîrgul jubiliar, delegația noastră pentru festivitățile de deschidere fiind condusă de tov. ing. Constantin Tuzu, vicepreşedinte al Consiliului de Miniştri. Aprecieri elogioase la adresa exponatelor româneşti şi a realizatorilor români nu au întîrziat să se facă auzite. Cu deosebită mîndrie şi satisfacție am înregistrat decernarea medaliei de aur a expoziției pentru tractorul fabricat de uzinele noastre din Braşov, în elogii pe lîngă înalta calitate tehnică figurînd şi mențiunea unei expuneri deosebit de reuşite.

Suprafața ocupată de R.P.R. este de aproximativ 2 800 m² şi se află în pavilionul 17 şi pe terenurile anexe. Exponatele din ramura construcției de mașini, a electrotehnicii şi a electronicii au fost mult apreciate pentru nivelul lor tehnic ridicat. S-au citat frezele universale şi verticale, strunguri, mașini de găurit, mașini pentru industria textilă şi forestieră. Au impresionat, ca în anii trecuți, utilajele de mari dimensiuni pentru industria petrolului, mașinile speciale pentru construcții şi materialul rulant, inclusiv LDE, expuse în aer liber şi pe care le-am vizionat cu toții la Expoziția XX ani de realizări ale economiei naționale.

Avînd în vedere dimensiunile tîrgului este dificil a cuprinde într-un scurt comentariu mai mult decît unele aspecte referitoare la ramura industrială pe care se centrează tematica revistei Electrotehnica.

Exponatele electrotehnice au excelat prin nivel tehnic şi randament ridicat, durată de viață prelungită, fiabilitate mare şi un aspect plăcut, estetic. Sortimentul expus a fost foarte bogat şi a cuprins toate diviziunile industriei şi aplicațiilor electrotehnice. Caracteristică a fost apariția masivă a instalațiilor electrice complete, montate în fabrică, cu volum şi greutate mult reduse şi lucrări de proiectare, montare şi punere în funcțiune, de asemenea, considerabil reduse față de execuțiile obişnuite pînă în prezent.

S-a confirmat importanța industrială şi economică a seriilor unitare şi a subansamblurilor unitare, interşanjabile. În acest sens o concurență s-a deschis în domeniul motoarelor asincrone, a transformatoarelor de rețea la care participă cu cinste şi țara noastră. Apariția treptei de tensiune de 700 kV la întreruptoarele de înaltă tensiune a produs senzație cu toate că dimensiunile aparatajului fabricat în numeroase țări industriale, inclusiv U.R.S.S., au fost publicate anterior. Impresia vizionării

unor obiecte de 12 m lungime și peste 10 m înălțime nu poate fi înlocuită cu fotografii sau schițe de gabarit.

Intrepătrunderea cu electronica și cu automatica a continuat să evolueze, rezultînd produse de o înaltă tehnicitate, cu conducere și reglare automată și supraveghere foarte ușoară.

In domeniul materialelor izolante progresele remarcabile înregistrate în toată lumea au fost prezentate într-un simpozion internațional privind „Polimerii înalți". Examinarea concomitentă a exponatelor a oferit un tablou viu al progresului rapid ce se realizează în prezent în acest domeniu.

In tehnica măsurătorilor electrice, progresele realizate au fost în majoritate datorită cerințelor de automatizare, de aplicare a radioizotopilor, a razelor Roentgen și a undelor ultrascurte.

In domeniul mare al aplicațiilor industriale și casnice ale electrotehnicii, tîrgul a prilejuit o viziune sintetică rară a evoluției realizate în ultimii ani.

Din exponatele electrotehnice ale țării noastre au fost remarcate seria de transformatoare, de motoare asincrone și agregatele de sudură.

„CARTIMEX" a prezentat o serie de cărți de tehnică, știință și cultură, editate în R.P.R.

Din cele peste 2 600 produse electrotehnice expuse de R.D.G., țara gazdă, în hala nr. 18, s-au remarcat următoarele:

Instalații complete, capsulate pentru curenți tari de joasă și înaltă tensiune, cu parametri ridicați. Astfel celula capsulată în material plastic cu bare simple de 6 și 10 kV 630 A putere de rupere 250 respectiv 350 MVA are dimensiunile 840×1100×2000 mm și o masă de 670 kg. Întreruptorul cu ulei puțin se poate separa prin scoaterea unui sertar cu roți. Circuitele secundare sînt complet tranzistorizate.

Instalația de comandă și reglare a unor acționări de laminare, jumătate alimentate de la redresoare cu mercur cu grilă, fără curenți de echilibrare interiori, permite utilizarea în plin a transformatorului redresorului.

Instalația de comandă și acționare automată a unor mașini de ridicat metalurgice are o aplicabilitate generală fiind foarte eficace. Pentru 2—5 ascensoare de persoane adiacente s-a dezvoltat o instalație specială de comandă care permite majorarea randamentului cu 50%, reducerea timpului de mers cu 39% și a timpului de așteptare cu 52%.

Un tablou de distribuție pentru luminatul străzilor este complet capsulat în materiale plastice de turnare. Pentru locomotive electrice de 50 Hz în firul de cale s-au elaborat redresoare cu Si în punte pentru 1940 A 155 V ± 15%, la care secțiunile punții se pot înlocui imediat.

In domeniul tehnicii înaltelor tensiuni s-a expus un autotransformator reglabil de 400/231 ±17,5%/31,5 kV 630 MVA putere de trecere 1210 MVA Y d_5 cu tensiunea de scurtcircuit 10%, care înglobează în gabaritul cf. și partea de reglare. In cursul transportului se demontează numai izolatorul de trecere de 380 kV. Masa totală este de 200 t, cea transportabilă de 195 t. De asemenea, un transformator de rețea trifazat de 125 MVA cu reglare sub sarcină în execuție transportabilă pe cf.

S-au expus separatoare seriile 220 și 380 V care suportă o tracțiune de 500/100 kgf la borne, de asemenea un separator cu foarfece de 110 kV. Seria de întreruptoare de putere tip D3AF6 pentru 110, 220 și 380 kV s-a consolidat și apare completă. Datele sînt 2 000 A, 5, 10/15 și 20 GVA. Antrenarea, stingerea, izolarea se fac cu arc comprimat de 20 at.

Locomotiva electrică E251 de 50 Hz tip Co—Co are o masă de 126 Mgf, utilizează redresoare cu Si, este deosebit de aptă pentru trasee de munte.

Bineînțeles că această listă sumară nu cuprinde decît cele mai importante exponate. O prezentare mai detaliată se găsește în nr. 2/1965 al revistei „Elektrie".

Este incontestabil că tîrgul de la Leipzig contribuie și în anul acesta la animarea comerțului est-vest și prin aceasta la coexistența pașnică între țări cu orînduiri sociale diferite, deci la menținerea păcii între popoare.

Acad. *A. Avramescu*

CZ 061.3:62(498.31),,1965"

SESIUNEA ȘTIINȚIFICĂ LA INSTITUTUL POLITEHNIC DIN IAȘI

Între 5 și 7 februarie 1965 s-au desfășurat lucrările celei de-a VII-a sesiuni științifice a cadrelor didactice de la Institutul politehnic din Iași. Lucrările sesiunii s-au ținut în ședințe comune, în aula Institutului și în ședințe pe secții, cuprinzînd în total un număr foarte mare de comunicări (aproape 500) și întrunind un mare număr de participanți din întreaga țară. Astfel, au participat delegați ai institutelor politehnice, ai institutelor de învățămînt superior din țară, ai institutelor de cercetări și numeroși delegați din diferite uzine constructoare de mașini și ale industriei electrotehnice.

Sesiunea a fost deschisă de acad. prof. *Cristofor Simionescu*, rectorul Institutului politehnic din Iași, iar lucrările pe specialități au fost grupate în următoarele 15 secții: științe sociale, matematici, mecanică teoretică, tehnologie chimică anorganică, tehnologie chimică organică, electrotehnică, electro-energetică, construcții de mașini și tehnologie, termotehnică și mașini termice, industrie ușoară, geologie, geotehnică, drumuri și poduri, statica construcțiilor, construcții civile și industriale, hidrotehnică, economie de ramură, organizare și planificare.

În continuare se vor indica lucrările din domeniul electrotehnicii și electroenergeticii. În secția electrotehnică s-au prezentat 30 de comunicări, iar în secția electroenergetică, 32. În ambele secții comunicările au fost susținute, în majoritate, de ingineri specialiști și cadre didactice de la uzinele „Electroputere"-Craiova, Institutul de cercetări și proiectări electrotehnice, Institutul politehnic din Timișoara, Brașov, Iași, București.

Secția a IV-a — Electrotehnică

Poeată, N. și *Savin, Gh.:* Măsurarea parametrilor circuitelor de curent alternativ prin aducerea a două tensiuni în cvadratură.

Gavrilaș, N.: Transformator cu două înfășurări supus la tensiune de impuls.

De Sabata, C.: Asupra anizotropiei magnetice a păturilor subțiri electrolitice de Ni—Fe.

Nicolaide, A.: Propagarea cîmpului electromagnetic în rotoare feromagnetice masive.

Cramariuc R. și *Petrescu V.:* Voltmetru cu efect Kerr pentru măsurarea tensiunilor înalte continue.

Onu, C. și *Turic, L.:* Studiul, proiectarea și experimentarea unui generator de impulsuri dreptunghiulare de joasă frecvență cu tranzistoare.

Savin, Gh., Radu, N. și *Mitrea, S.:* Determinarea parametrilor circuitelor cuplate magnetic prin utilizarea indicatoarelor sensibile la fază.

Rosman, H.: Puterea aparentă instantanee în cîmpurile electromagnetice în regim permanent periodic, armonic și nearmonic.

Rothenstein, B.: Influența cîmpului magnetic alternativ asupra capacității de amortizare a metalelor feromagnetice.

Tanach, V., Călugăru, I., Cohn, Z. și *Neurberger, J.:* Asimilarea în Uzinele „Electronica" a fabricației miezurilor de ferită pentru memorii magnetice.

Tanach, V. și *Cojocaru, Z.:* Cercetări în domeniul feritelor de înaltă frecvență de tip perminvar.

Fränkel, D. și *Wagner, E.:* Măsurarea defazajului dintre inducția magnetică din întrefierul unui circuit magnetic și amperspirele magnetizante, folosind generatorul Hall.

Pop, E.: Influenţa constantei de timp a circuitului asupra mişcării galvanometrului balistic.

Soceneanţu, A.: Cosfimetru cifric cu tranzistoare.

Mureşan, T.: Comparator tranzistorizat pentru compensatoare numerice.

Petrescu, V., Rezlescu, N. şi *Maxim, Gh.:* Asupra efectelor galvanomagnetic şi magnetocaloric la feritele Mn—Zn.

Saviuc, V.: Contribuţii la studiul efectului pelicular în conductoare feromagnetice masive.

Secţia a VII-a Electromagnetică

Fransua, Al.: Contribuţii experimentale la studiul servomotorului bifazat cu rotorul în formă de pahar.

Popovici, A., Şerban, Gh., Gavrilaş, N., Vasilache V., Suchar, I. şi *Haba, P.:* Motor sincron reactiv trifazat monopolar.

Balaban, B. şi *Boţan, V. N.:* Aspecte noi privind aplicarea algebrei logice la proiectarea schemelor de acţionare electrică.

Bîrgăuanu, M., Creţu, D. şi *Oprişan, P.:* Regimuri ale maşinii sincrone studiate pe calculatorul analogic.

Boţan, N. V., Oprea, A., Taşcă, Gr. şi *Olah, I.:* Aspecte noi privind alegerea raportului de transmisie optim în acţionările electrice.

Boţan, N. V., Prisăcaru, V., Cantemir, L., Balaban, E şi *Ponomarev, B.:* Posibilităţi noi de utilizare a amplificatoarelor magnetice trifazate în acţionările electrice.

Apetrei, C.: Dimensionarea maşinii de curent continuu prin considerarea optimului tehnico-economic.

Bergman, I. şi *Leonte, P.:* Asupra posibilităţii funcţionării unui motor trifazat serie cu colector, cu dublu colier de perii, cu motor derivaţie.

Niculescu, D.: Despre folosirea grafurilor în studiul maşinilor electrice.

Boţan, N. V. şi *Balaban, E.:* Asupra unor posibilităţi de aplicare a algebrei logice la scheme de comandă cu amplificatoare magnetice.

Herşcovici, B.: Unele probleme ridicate de comportarea bobinelor de reactanţă în beton, în exploatare, la folosirea acestora pentru pornirea motoarelor electrice de puteri mari.

Bergman, I.: Consideraţii teoretice referitoare la generatorul trifazat cu colector autoexcitat.

Bejan, I. şi *Boţan, N. V.:* Studiul experimental al unor relee magnetice fără contacte.

Bărgăuanu, M., Creţu, D., Oprişan, P. şi *Tătaru, N.:* Modelarea analogică a maşinii sincrone în regimuri nestaţionare.

Văzdăuţeanu, V.: Contribuţie la studiul funcţionării motorului de tracţiune alimentat în curent ondulat.

Dordea, T.: Considerarea pierderilor în fier în expresia cuplului electromagnetic al maşinii sincrone.

Ambrozie, C.: Utilizarea înfăşurărilor continue întreţesute la transformatoarele de putere pentru ameliorarea comportării la impuls de tensiune.

Drăgănescu, O. şi *Galbenu, Gh.:* Cercetări experimentale asupra parametrilor de pornire ai maşinilor sincrone.

Tănăsescu, F. şi *Şerbănescu, B.:* Modelarea cîmpului electric din jurul unui lanţ de izolatoare de înaltă tensiune, cu ajutorul băii electrolitice.

Saal, C.: Aspecte teoretice ale funcţionării motorului bifazat cu mişcare rectilinie alternativă.

Băbuţia, I.: Asupra pierderilor suplimentare în fier la maşinile de inducţie.

Negru, V.: Folosirea calculatoarelor analogice pentru studiul supratensiunilor la deconectarea liniilor în gol.

După cum se vede, un mare număr dintre comunicări au fost întocmite de inginerii specialişti din institutele de cercetări în colaborare cu cei din uzinele industriei noastre electrotehnice, ceea ce a făcut ca aceste lucrări să se remarce printr-un înalt nivel ştiinţific şi printr-o strînsă legătură cu cele mai actuale şi importante probleme ale economiei naţionale.

Cu prilejul închiderii lucrărilor sesiunii a avut loc o consfătuire pe teme de co aborare cu producţia, la care a fost prezentat referatul „Contribuţia cadrelor didactice de la Institutul politehnic din Iaşi în rezolvarea problemelor producţiei şi posibilităţii de a lărgi colaborarea".

A VII-a sesiune ştiinţifică a cadrelor didactice de la Institutul politehnic din Iaşi s-a caracterizat printr-o largă participare şi printr-un mare număr de comunicări prezentate de specialişti din întreaga ţară, realizîndu-se în felul acesta şi un larg schimb de experienţă între specialiştii din diferite domenii ale ştiinţei şi tehnicii din ţara noastră.

M. C.

SCURTE ŞTIRI

Construcţii de centrale electrice nucleare în R.F.G. În R.F.G. se vor construi, pînă în anul 1975, circa 80 de centrale electrice nucleare, cu o putere totală de 2 000 MW. Dintre acestea, 50 de uzine de 10 MW, 20 de 25 MW (transportabile), iar 10 uzine de 100 MW (stabile). Uzinele vor fi totdeauna amplasate în apropierea centrelor de consum al energiei electrice. Cheltuielile pentru construirea lor se evaluează la 500 milioane DM.

Din „Elektrotechnik", Praga, XIX, nr. 7, iulie 1964, p. 216.

Excitatoare cu celule semiconductoare pentru un turbogenerator de 120 MW. Firma engleză „English Electric" a elaborat o excitatrice cu semiconductoare pentru un turbogenerator cu o putere de 120 MW. În acest scop sînt utilizate aici redresoare cu siliciu pentru curenţi de 2 040 A, la tensiunea de 380 V (aceasta constituie rezerva de 20% din excitaţia nominală a maşinii). Firma menţionată proiectează în prezent construcţia excitatoarelor cu semiconductoare la următoarele douzeci turboagregate cu puteri de la 300 pînă la 500 MW.

Din „Elektrotechnik", Praga, XIX, nr. 7, iulie 1964, p. 216.

Construcţia în serie a motoarelor sincrone de 10 kV în U.R.S.S. Anul trecut a început în U.R.S.S. producţia în serie a motoarelor sincrone de tip SD şi SDN cu tensiunea de 10 kV, cu puteri de la 1 250 pînă la 8 000 kW, cu o turaţie de la 250 pînă la 1 000 rot/min şi cu un factor de putere cos $\varphi = 0{,}9$, curentul statoric luat de la reţea fiind capacitiv (motorul lucrează ca un condensator). Seria motoarelor cuprinde 48 de maşini cu dimensiuni tipizate diferite, cu posibilitatea unor adaptări speciale pentru dispozitivele de acţionare a instalaţiilor, care nu necesită reglarea turaţiilor (de exemplu ventilatoare, pompe etc.).

Din „Promîşlennia energhetica", nr. 4, 1964.

Un dispozitiv nou pentru înlăturarea izolaţiei de pe conductor. Un dispozitiv nou pentru înlăturarea izolaţiei de pe conductoare la îmbinarea capetelor lor lucrează sub joasă tensiune şi poate fi folosit pentru straturile izolante din PCV, nylon, cauciuc şi substanţe termoplastice. Are forma unei pensete, ale cărei braţe poartă un mic element de încălzire cu o putere de 12 W. Alimentarea se efectuează sub o tensiune de 6 V. Aici se atinge temperatura de 250 °C. Cu ajutorul acestui dispozitiv se poate înlătura izolaţia de pe conductoare cu diametre pînă la 3 mm. O arcuire uşoară a braţelor permite regla-

rea precisă a presiunii pe conductor. Prin aceasta se poate preveni deteriorarea conductorului însuși. Dispozitivul cîntărește circa 14 g și poate fi folosit cu ușurință atît în lucrările de laborator, cît și în producția uzinală.

Din „Elektrotechnik", Praga, XIX, nr. 8, august 1964, p. 244.

Uzină hidroelectrică subterană. Pe rîul Zeja (afluentul fluviului Amur) urmează a se construi o uzină hidroelectrică subterană, cu o putere de 1 milion kW și cu o producție anuală de 5 miliarde kWh. După barajul uzinei se va forma un lac cu un volum de 32,1 km³, care va permite limitarea pagubelor provocate de inundațiile din valea rîului Zeja și a Amurului mijlociu. Noua uzină hidroelectrică, împreună cu uzina termoelectrică ce va fi construită direct în bazinul carbonifer, va deveni un centru mare energetic, din care se va alimenta întreaga regiune Habarovskaia.

Din „Elektrotechnik", Praga, XIX, nr. 9, sept 1964, p. 276.

Motoare asincrone de frînare cu rotorul conic. Uzina „Elektrotechnik" din Tblisi a început producția de motoare asincrone de frînare cu rotor conic. Aceste mașini speciale, care au fost construite la Institutul de cercetări electrotehnice din Tblisi, pot fi avantajos utilizate la dispozitivele de acționare ale strungurilor, mașinilor de frezat, polizoarelor, la instalațiile vibratoare, la mecanismele de ridicat, la elevatoare etc.

Din „Elektrotechnik", Praga, XIX, nr. 9, sept 1964, p. 276.

NORME ȘI STANDARDE

U.N.E.S.C.O.: Code de bon usage en matière de publications scientifiques (Codul redactării corecte a publicațiilor științifice). În Rev. internat. Doc., 30, nr. 1, 1963, p. 13—15.

Expunere de motive

Comitetul de legătură F.I.D./I.C.S.U./I.F.L.A./I.S.O./U.N.E.S.C.O., întemeiat și întrunit spre a examina mijloacele de a dezvolta o acțiune internațională eficace cu scopul de a îmbunătăți situația prezentă a informării științifice, consideră că lipsa unei discipline liber consimțite în materie de redactare și de publicare de informații științifice a fost una dintre cauzele principale care au dus la tendința de a se spori inutil volumul documentelor publicate, cheltuielile legate de imprimarea, rezumarea, repertorizarea și regăsirea lor.

În consecință, comitetul, la propunerea secretarului Biroului de rezumate analitice I.C.S.U., a redactat, într-o formă cît se poate de scurtă, un text care definește regulile considerate drept o obligație morală evidentă pe care orice autor de publicații științifice este dator să le respecte și pe care orice redactor de publicație științifică este dator să le aplice.

Textele care se referă la științele exacte, la științele naturii și la tehnologie sînt alcătuite din patru părți. În prima parte se cere ca la începutul fiecărui memoriu să figureze un rezumat redactat corect, de care să fie răspunzător autorul însuși. În partea a doua se definesc trei categorii de texte științifice originale, se arată prin ce se deosebesc ele și se consideră ca o obligație pentru fiecare autor să indice căreia dintre cele trei categorii aparține textul pe care îl propune să fie publicat. În partea a treia se tratează despre redactarea textelor științifice și se consideră ca o obligație morală pentru orice autor în special să semnaleze orice reeditare sau orice omisiune în părțile semnificative ale textului publicat. În mai multe rînduri, în aceste trei prime părți, se amintește că este de o importanță capitală pentru viitorul documentării științifice să se adopte norme internaționale uniforme, universale și care să ducă la stabilirea unei metode unice de redactare a rezumatelor de autor, la stabilirea unui cod unic pentru abrevierile de titluri de periodice științifice, a unui cod unic pentru felul și ordinea în care sînt făcute citatele bibliografice numerice, a unui cod unic de simboluri și de abrevieri de termeni tehnici, a unui cod unic pentru transliterarea caracterelor unui alfabet în altul, a unor reguli comune pentru alcătuirea de vocabulare tehnice și pentru corespondența lor de la o limbă la alta.

Comitetul este convins că numai succesul acestor normalizări va face cu putință folosirea de mijloace automatice pentru clasarea informațiilor și publicațiilor științifice, iar pentru cercetări, stabilirea rapidă a bibliografiilor retrospective.

Tocmai pentru a da un exemplu de unire și pentru a pune capăt risipei de eforturi, apariției unor texte internaționale multiple și uneori contradictorii, a fost creat comitetul, care a elaborat textul de care vorbim, încredințînd I.S.O., în strînsă colaborare cu celelalte organisme pe care el le reprezintă, grija de a se ajunge cît mai repede la stabilirea acelor norme în privința cărora încă nu s-a obținut un acord general.

Partea a patra a textului se adresează redactorilor șefi ai jurnalelor și ai publicațiilor științifice; se consideră drept o obligație morală ca aceștia să verifice dacă autorii lor cunosc și respectă dispozițiile care îi privesc; redactorilor șefi li se mai cere să autorizeze reproducerea rezumatelor de autor. Comitetul n-a crezut necesar să le amintească în amănunt recomandările de normalizare internațională, care privesc mai ales prezentarea de reviste și de lucrări și care constituie unul dintre elementele de bază ale cunoștințelor lor profesionale.

Textul adaptat în unanimitate de către comitet a fost supus spre examinare Comitetului consultativ internațional de bibliografie, documentare și terminologie de la U.N.E.S.C.O. încă de la prima sa sesiune ținută la Paris între 25 și 29 septembrie 1961. Acest comitet care, la rîndul lui, l-a aprobat a fost de părere ca acest cod, conceput pentru științele exacte, științele naturii și tehnologie, să nu fie aplicat la științele sociale și la științele umanistice înainte de a fi fost examinat de către organizațiile internaționale neguvernamentale, specializate în aceste domenii.

U.N.E.S.C.O. publică și difuzează acest „Cod al redactării corecte a publicațiilor științifice", fiind convins că respectarea regulilor Codului va face posibilă accelerarea punerii în ordine a documentării științifice, va îmbunătăți valoarea informațiilor pe care le conține și va limita cheltuielile enorme care se fac de către centrele de documentare științifică și tehnică din toate țările.

Codul redactării corecte a publicațiilor științifice

I. Rezumatul

1. Orice text cu caracter original destinat să apară într-un jurnal sau periodic științific și tehnic trebuie să fie însoțit de un rezumat, a cărui redactare cade în sarcina autorului însuși.

2. Pînă la normalizare internațională, rezumatul trebuie să fie redactat în conformitate cu regulile și îndrumările cuprinse în „Ghidul pentru redactarea rezumatelor de autor" *, elaborat, imprimat, distribuit și revizuit periodic de către U.N.E.S.C.O. (documentul NS/37. D 10 a).

* Acest ghid a fost adoptat oficial de către Consiliul internațional al uniunilor științifice. Vezi anexa I.

II. Natura textului

3. La predarea manuscrisului textului său la redacția periodicului în care dorește să-l publice, autorul va trebui să indice cît se poate de precis categoria literaturii științifice originale în care trebuie clasat acel text:

a) memorii științifice originale;

b) publicații provizorii sau note inițiale; *

c) expuneri de sinteză a realizărilor, pe domenii.

4. Un text aparține categoriei „memoriilor științifice originale" atunci cînd e redactat în așa fel încît un cercetător calificat, îndeajuns de specializat în aceeași ramură a științei, să poată, plecînd de la indicațiile pe care le dă autorul și numai de la acestea:

— fie să reproducă experiențele și să obțină rezultatele pe care le descrie autorul, cu erori egale sau inferioare limitei superioare specificate de autor;

— fie să repete observațiile și să judece concluziile autorului;

— fie să controleze exactitatea analizelor și inferențelor care l-au condus pe autor la concluziile sale.

5. Un text aparține categoriei „publicațiilor provizorii sau notelor inițiale" atunci cînd, aducînd una sau mai multe informații științifice noi, redactarea memoriului nu permite cititorilor să verifice informațiile de mai sus în condițiile indicate la paragraful 4.

6. „Expunerea de sinteză a realizărilor, pe domenii" nu are rostul de a publica informații științifice noi; ea culege, analizează și discută informații care au fost publicate și care privesc un subiect unic.

III. Redactarea textului

7. Introducerea istorică sau critică, adesea utilă, trebuie să fie cît se poate de scurtă: autorul se va feri să redacteze un memoriu științific ca pe o expunere de sinteză.

8. Sintaxa va fi cît se poate de simplă. Cuvintele utilizate ar trebui să se poată găsi într-un dicționar curent. Cînd această exigență nu poate fi satisfăcută, autorul va verifica dacă neologismele pe care înțelege să le folosească aparțin vocabularului științific și tehnic internațional. **

9. În redactarea textului se va evita omisiunea totală sau parțială a metodelor folosite sau a rezultatelor semnificative. Dacă considerații de proprietate industrială sau de securitate îl obligă pe autor să limiteze informațiile științifice pe care dorește să le publice cu privire la subiectul pe care îl tratează, textul va trebui să fie prezentat ca aparținînd clasei (b) (publicații provizorii sau note inițiale) și nu ca aparținînd celei a „memoriilor". Aceasta este o obligație morală necondiționată pentru autorul științific. ***

10. Se va face referință explicită la orice lucrare publicată anterior de către autorul însuși sau de către alt autor, atunci cînd cunoașterea acestor lucrări este esențială pentru a situa, în dezvoltarea științifică, textul prezentat. Se va indica dacă publicațiile anterioare constituie o reeditare totală sau parțială a textului prezentat.

11. În nici un caz nu se vor utiliza comunicări private sau publicații cu caracter secret sau de difuziune restrînsă, pentru a se aduce argumente și dovezi. ****

12. În redactare, autorul va respecta normele internaționale relative la abrevierea titlurilor de periodice, la ordinea citatelor bibliografice, la simboluri, prescurtări, transliterare, terminologie, prezentare de articole. El va utiliza un sistem coerent de unități de măsură, pe care le va specifica cu claritate.

IV. Recomandări pentru redactorii șefi și editorii de jurnale științifice

13. La primirea unui articol științific în vederea publicării, redactorul șef al jurnalului va trebui să obțină din partea autorului indicația sa proprie dacă textul său aparține clasei (a) (memorii științifice), clasei (b) (publicații provizorii sau note inițiale) sau clasei (c) (expuneri de sinteză).

14. La imprimarea textului acceptat, redactorul șef va menționa, în fruntea rezumatului, în care dintre cele trei clase de mai sus trebuie să figureze textul imprimat.

15. La acceptarea textului științific spre publicare și pînă la o normalizare internațională, redactorul șef va controla dacă rezumatul de autor, care însoțește în mod obligatoriu acel text, a fost redactat în conformitate cu indicațiile date de „Ghidul pentru redactarea rezumatelor de autor" (cf. recomandării I, part. 2 și comentarii).

16. Pentru a se asigura pretutindeni și totdeauna libera reproducere a rezumatelor de autor, trebuie să se indice clar, în paginile jurnalului, că reproducerea rezumatelor este autorizată.

ANEXE

I. Ghid pentru redactarea rezumatelor de autor

1. Prin „rezumat de autor" se înțelege rezumatul unui memoriu științific redactat de autorul însuși și publicat în același timp cu memoriul, după ce prezentarea sa a fost examinată de către redacția periodicului care îl publică. *

2. Scopul rezumatelor de autor nu este numai de a înlesni consultarea periodicului care le publică, ci și de a ușura și a face mai expeditivă munca redacțiilor de periodice de documentare analitică, de a contribui astfel la îmbunătățirea generală a serviciilor de documentare științifică.

3. Rezumatul de autor ar trebui să recapituleze succint faptele cuprinse în memoriu și concluziile sale, să atragă atenția asupra datelor noi prin indicarea importanței lor. El ar trebui să dea posibilitate cititorului grăbit să-și dea seama mai bine, decît numai din titlu, dacă memoriul îl interesează sau nu.

4. În consecință, autorului oricărui memoriu i se cere să alcătuiască și un rezumat în conformitate cu directivele următoare.

Redactare

5. Este de preferat să se folosească fraze complete, decît să se dea un simplu șir de titluri. Orice mențiune a autorului memoriului ar trebui să fie la persoana a treia. Este indicat să se folosească termenii în general admiși, și nu numai cei de uz particular. Indicațiile inutile trebuie evitate. Se va presupune că cititorul are oarecare cunoștință a subiectului, dar n-a citit memoriul. Rezumatul va trebui deci să fie inteligibil prin el însuși, fără să fie nevoie de referire la memoriu. (El nu va cita de loc, spre exemplu, paragrafe sau ilustrații prin cifrele la care figurează în text.)

---

* Vezi expunerea de motive de mai sus.

** Se recomandă a se preciza originea neologismelor folosite. În cazul cînd autorul este constrîns să le formeze el însuși, va trebui să arate metoda prin care le-a format, să le dea etimologia și definiția. În sfîrșit, autorul va trebui să se ferească a deforma sensul termenilor care aparțin vocabularului specific al domeniului de cunoștințe în care scrie.

*** Se consideră drept un lucru evident pentru oricine că în nici o publicație nu trebuie să se deformeze în mod conștient descrierea faptelor observate sau a metodelor folosite.

**** Nu se intenționează să se interzică aluzii la convorbiri orale sau la comunicări private, ci se subliniază că nu pare legitim să se dea publicității comunicări private sau să se formuleze o concluzie prin referire la o simplă convorbire necontrolată.

Prin publicație de difuziune restrînsă se înțelege o publicație neaccesibilă publicului științific în general, fie cu titlul gratuit, fie cu titlul oneros.

* În limba engleză a fost adaptat de către Royal Society din Londra termenul de „synopsis" (după recomandarea Conferinței de documentare științifică, care s-a ținut în 1948 sub auspiciile sale); același termen a fost acceptat și de către Conferința internațională cu privire la analizele documentare științifice reunită de către U.N.E.S.C.O. în 1949.

Conținut

6. Titlul memoriului, fiind în general citit ca și cum ar face parte din rezumatul autorului, prima frază ar trebui să evite repetarea lui. Dacă totuși titlul nu este destul de explicit, fraza întîi va indica subiectul tratat. În mod obișnuit, începutul rezumatului ar trebui să arate clar obiectul cercetărilor.

7. Uneori este util să se indice felul în care a fost tratat subiectul prin termeni ca: succint, aprofundat, teoretic etc.

8. Rezumatul de autor ar trebui să indice faptele noi observate, concluziile trase dintr-o experiență sau dintr-un argument și, dacă se poate, trăsăturile noi esențiale ale teoriilor, tehnicilor, procedeelor, aparatelor etc.

9. El ar trebui să conțină numele tuturor compușilor noi, minerali etc., ca și toate datele numerice noi, cum ar fi o constantă fizică; dacă nu se poate, el ar trebui să atragă atenția asupra acestui lucru. Este important să se menționeze faptele și observațiile noi, chiar dacă ele nu au decît o legătură secundară cu subiectul principal al memoriului, căci, altfel, aceste informații ar putea să treacă neobservate cu toată eventuala lor valoare.

10. Atunci cînd rezumatul de autor prezintă rezultate experimentale, ar trebui să se indice metoda folosită. Pentru metodele noi ar trebui să se precizeze principiul de bază, domeniul de aplicare și gradul de exactitate.

Trimiteri, referințe bibliografice

11. Dacă într-un rezumat de autor este necesar să se facă o trimitere la o publicație anterioară, această trimitere ar trebui să fie redactată totdeauna în același fel ca și în memoriul original. În caz contrar, trimiterile ar trebui omise.

12. Referințele bibliografice cu trimiteri la jurnale științifice ar trebui să fie redactate în conformitate cu regulile după care lucrează periodicul în care va apărea memoriul. (Conferința internațională cu privire la analizele documentare științifice a recomandat regulile propuse de către Organizația Internațională de Normalizare, comitetul tehnic 46, titlurile periodicelor fiind prescurtate în același fel ca în „Warld List of Scientific Periodicals",)

Proporții

13. Rezumatul de autor ar trebui să fie cît se poate de concis. Să nu depășească decît în mod excepțional, 200 de cuvinte, în așa fel încît, între altele, după ce a fost imprimat, să poată fi decupat și lipit pe fișe de formatul 7,5/12,5 cm.

Publicare. Limbă și format

14. Conferința internațională cu privire la analizele documentare științifice a recomandat ca rezumatele de autor să fie publicate în una din limbile cele mai răspîndite, oricare ar fi limba în care e scris memoriul original, în scopul de a înlesni o înțelegere internațională.

15. Conferința internațională cu privire la analizele documentare științifice a recomandat, de asemenea, practica urmată de către unele periodice care reunesc toate rezumatele de autor ale aceleiași fascicule pe pagina interioară a copertei sau pe paginile al căror verso este acoperit de publicitate, în așa fel încît ele să se poată decupa și lipi pe fișe, fără a se mutila paginile periodicului însuși. În acest scop rezumatele de autor vor fi imprimate cu o toleranță de 10 cm mai mult, spre a se putea lipi pe fișe de formatul 7,5/12,5 cm.

II. Listă de recomandări a I.S.O., cu privire la publicațiile științifice *

I.S.O./R 4 „Cod internațional pentru abrevierea titlurilor de periodice".

I.S.O./R 8 „Prezentare de periodice".

I.S.O./R 9 „Sistem internațional pentru transliterarea caracterelor cirilice".

I.S.O./R 18 „Sumar de periodice sau de alte documente".

I.S.O./R 30 „Manșeta bibliografică".

I.S.O./R 77 „Referințe bibliografice. Elemente esențiale".

I.S.O./R 214 „Analize și rezumate de autor".

I.S.O./R 215 „Prezentare de articole din periodice".

I.S.O./R 233 „Sistem internațional pentru transliterarea caracterelor arabe".

Proiect I.S.O. nr. 315 „Transliterarea caracterelor grecești în caractere latine".

Proiect I.S.O. nr. 379 „Transliterarea limbii ebraice".

* Recomandări I.S.O. pot fi obținute pe adresa directă a Secretariatului I.S.O. : 1, rue de Varembé, Genève, Suisse.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. – Redacția și administrația, București, str. Ion Ghica, nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administrația revistei. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile tehnice M.I.C.M. – cont 026002 B.R.P.R. – Filiala 30 Decembrie, București. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Intreprinderea „Informația", str. Brezoianu nr. 23–25, București, c. 283.

41 400

SOMMAIRE

CD 621.317.382.088.6 : 621.317.082.742

Millea, A. et *Gruia, N.* : **Le mesurement précis de la puissance active dans les bobines de tension des appareils de mesurement de courant alternatif.**

Electrotehnica 13, nr. 3, mars 1965, p. 81–83

On décrit une méthode de mesurement des petites puissances en courant alternatif, au moyen d'un wattmètre commun et d'un comparateur inductif de courant.

On présente les résultats obtenus au mesurement, selon cette méthode, de la force active consummée dans la bobine de tension des compteurs d'énergie électrique.

CD 621.316.262 : 629.113

Saviuc, V., Chiriţescu, D. et *Dordea, D.* : **Postes mobiles de transformateurs.**

Electrotehnica 13, nr. 3, mars 1965, p. 83–88

On présente l'évolution de la construction des postes de transformation mobiles dans notre pays et à l'étranger, et l'on indique les caractéristiques techniques et constructives de ces postes. On insiste particulièrement sur le poste de transformateurs mobile de 240 kVA–6/0,4 kV.

CD 621.316.84'.004.5

Antohi, C. et *Marcus, B.* : **Considérations concernant la durée de fonctionnement des résistances pour frigidères FRAM.**

Electrotehnica 13, nr. 3, mars 1965, p. 89–91

On présente les résultats de quelques essais effectués avec trois types de résistances de puissance égale, réalisées à partir de matériaux auxiliaires différents. Les expériences démontrent l'efficacité de l'utilisation de la poudre magnésitique, en comparaison avec la solution appliquée actuellement dans la fabrication courante (résistance fonctionnant dans l'air).

CD 621.317.736 : 621.316.993

Malcoci, V. et *Comăniciu, D.* : **Appareil pour mesurer la résistance des prises de terre.**

Electrotehnica 13, nr. 3, mars 1965, p. 91–96

On présente un cas typique d'équipement avec des semiconducteurs (transistors et diodes) d'un appareil de mesurement pour les travaux pratiques. Ce genre de solution présente une série d'avantages, et notamment : grande sûreté pendant l'exploitation, poids et gabarit réduits, manoeuvre et entretien faciles.

CD 621.313.333.2.003.1 : 621.312.002.2

Crăciunescu, V. et *Mogoş, R.* : **Considérations techniques et économiques concernant la série actuelle de moteurs asynchrones à roteur en court-circuit, fabriqués par l'entreprise „Electromotor" de Timişoara.**

Electrotehnica 13, nr. 3, mars 1965, p. 96–103

On présente les résultats techniques et économiques obtenus lors de l'établissement de nouveaux projets pour la série de moteurs asynchrones à roteur en court-circuit, travaux basés sur l'utilisation de nouveaux matériaux électroisolants supérieurs, ainsi que sur le principe de la typisation des éléments composants de la série fondamentale et des séries dérivées.

POUR LE JEUNE INGENIEUR

CD 621.316.262

Razu, Al. : **La distribution de l'énergie électrique dans les halles industrielles au moyen des postes de transformation bloc.**

Electrotehnica 13, nr. 3, mars 1965, p. 104–105

NOTE ● COMPTES RENDUS ● EXTRAITS ● CHRONIQUE ● BRÈVES NOUVELLES ● NORMES ET STANDARDS

CONTENTS

DC 621.317.382.088.6 : 621.317.082.742

Millea, A. and *Gruia, N.* : **The precise measurement of the active power in the voltage coils of the a. c. measuring apparatus.**

Electrotehnica 13, nr. 3, march 1965, p. 81–83

A method of measuring the low powers in alternating current by means of an usual wattmeter and an inductive current comparator is described.

The results obtained from measuring by this method the active power consumed in the voltage coil of electric energy meters are given.

DC 621.316.262.622 : 629.113

Saviuc, V., Chiriţescu, D. and *Dordea, D.* : **Mobile transformer posts.**

Electrotehnica 13, nr. 3, march 1965, p. 83–88

The evolution of the construction of mobile transformer posts in our country and abroad is described and the tehnical and constructive characteristics of these posts are given with particular reference to the 240 kVA–6/0,4 kV mobile transformer post.

DC 621.316.842.004.5

Antohi, C. and *Marcus, B.* : **Some considerations concerning the lifetime of the resistances of FRAM refrigerators.**

Electrotehnica 13, nr. 3, march 1965, p. 89–91

The results are given of tests carried out with three resistance types of the same power achieved with different filling materials. The experiments demonstrate the effectiveness of magnesitic powder as compared to the solution now in current use (resistance functioning in the air).

DC 621.317.736 : 621.316.993

Malcoci, V. and *Comăniciu, D.* : **An apparatus for measuring the grounding resistances.**

Electrotehnica 13, nr. 3, march 1965, p. 91–96

The article presents a typical case of equipping with semiconductors (transistors and diodes) a measuring apparatus for field works. Such a solution offers a series of advantages including a high reliability, reduced overall size and weight, comfortable handling and maintenance.

DC 621.313.333.2.003.1 : 621.312.002.2

Crăciunescu, V. and *Mogoş, R.* : **Some technical and economic considerations concerning the present series of asynchronous motors with short-circuited rotors produced by the „Electromotor" enterprise in Timişoara.**

Electrotehnica 13, nr. 3, march 1965, p. 96–103

The authors present the technical and economic results obtained on re-designing the series of asyncronous motors with squirrel-cage rotors by using some high-quality electroinsulating materials and applying the typification of the component elements within the framework of the basic and derived series.

THE YOUNG ENGINEER'S GUIDE

DC 621.316.262

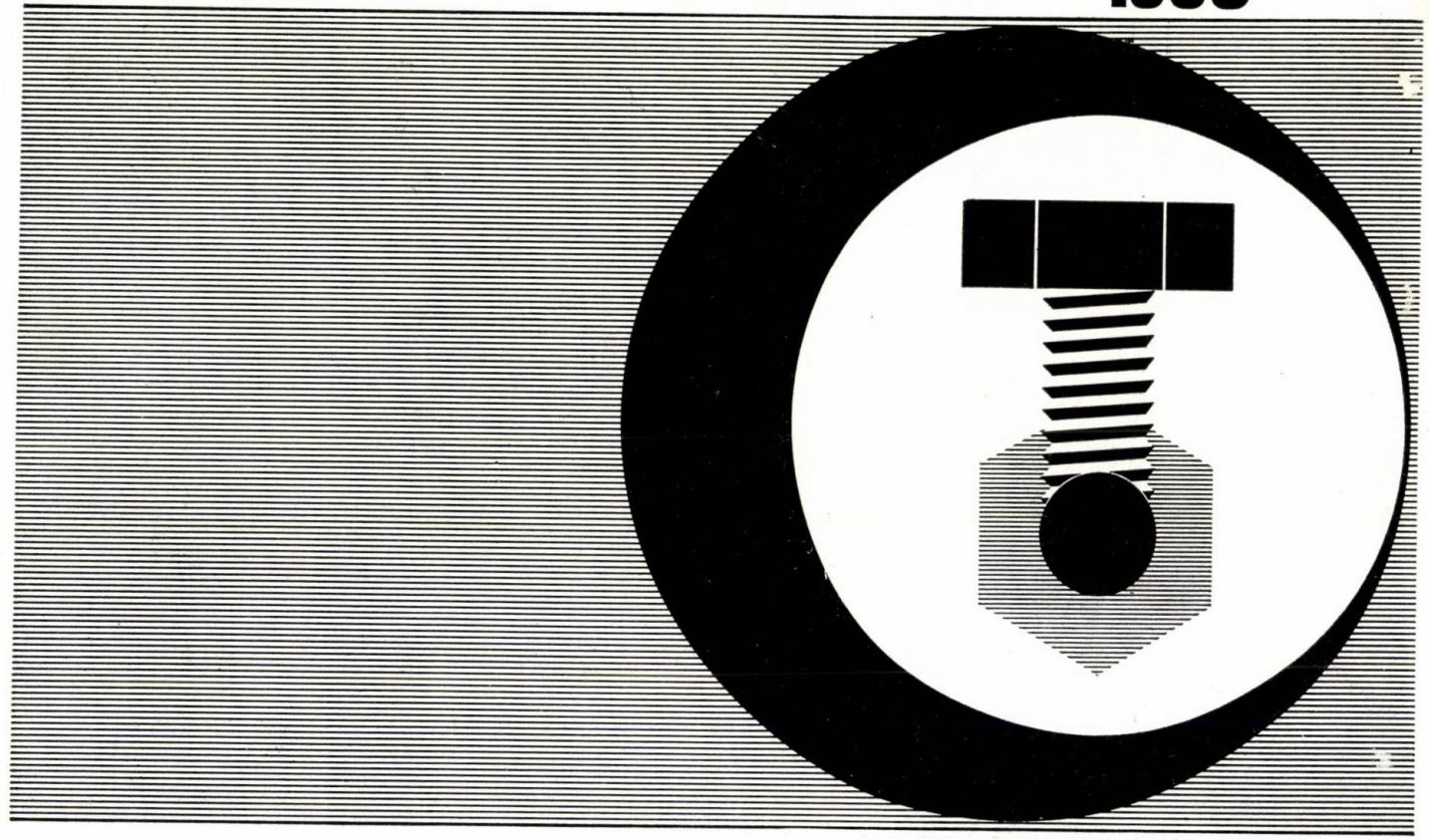
Razu, Al. : **The distribution of the electric energy in industrial halls by means of block transformer posts.**

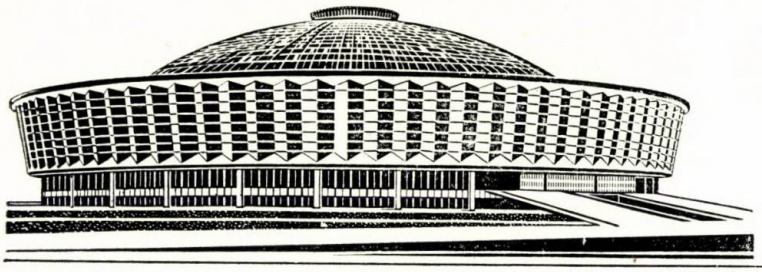
Electrotehnica 13, nr. 3, march 1965, p. 104–105

NOTE ● REVIEWS ● ABSTRACTS ● CHRONICLE ● BRIEF NEWS ● NORMS AND STANDARDS

EXPOZITIA TEHNICA A REPUBLICII FEDERALE GERMANE

BUCUREȘTI 18-30 MAI 1965





BDUL. MARASTI 67
(PIATA SCINTEII)

Vizitarea zilnic între orele
10-14 pentru specialişti şi
14-19 pentru public

elba

AMENAJAŢI-VĂ UN INTERIOR PLĂCUT PRINTR-UN ILUMINAT RECONFORTANT ÎN LOCUINŢELE DV., CU AJUTORUL CANDELABRELOR „ELBA"

FOLOSIND CORPURILE DE ILUMINAT INDUSTRIALE „ELBA" VĂ ASIGURAŢI O PRODUCŢIE MĂRITĂ LA LOCUL DE MUNCĂ

VĂ MĂRIŢI SIGURANŢA ÎN CIRCULAŢIA RUTIERĂ PRIN ECHIPAREA AUTOVEHICULELOR CU FARURI ŞI LĂMPI DE SEMNALIZARE TIP „ELBA"

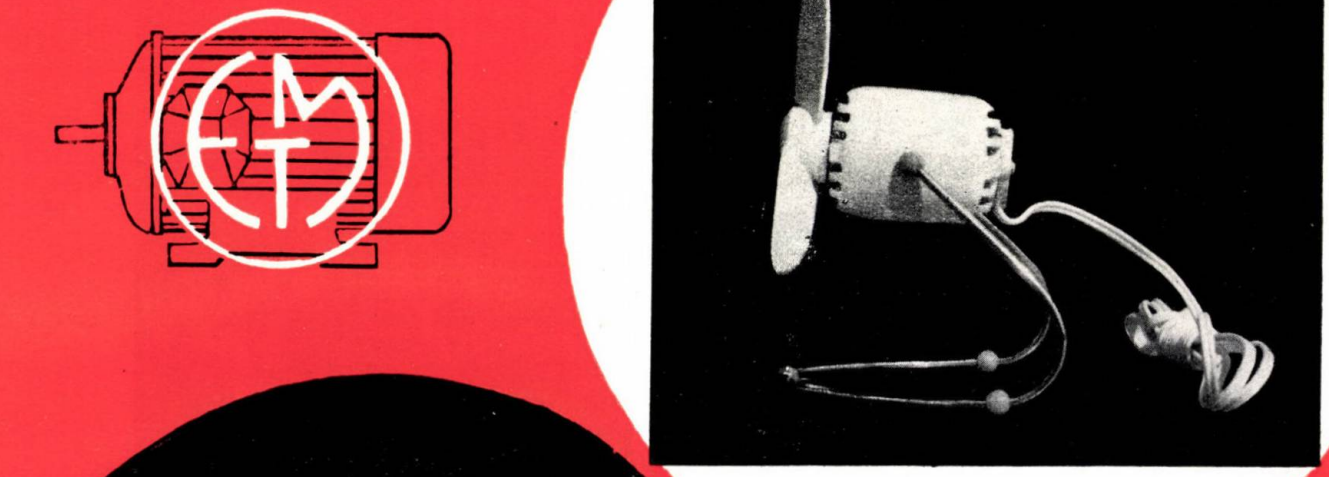
MODERNIZAŢI ASPECTUL ORAŞELOR CU AJUTORUL CORPURILOR DE ILUMINAT PUBLIC „ELBA"

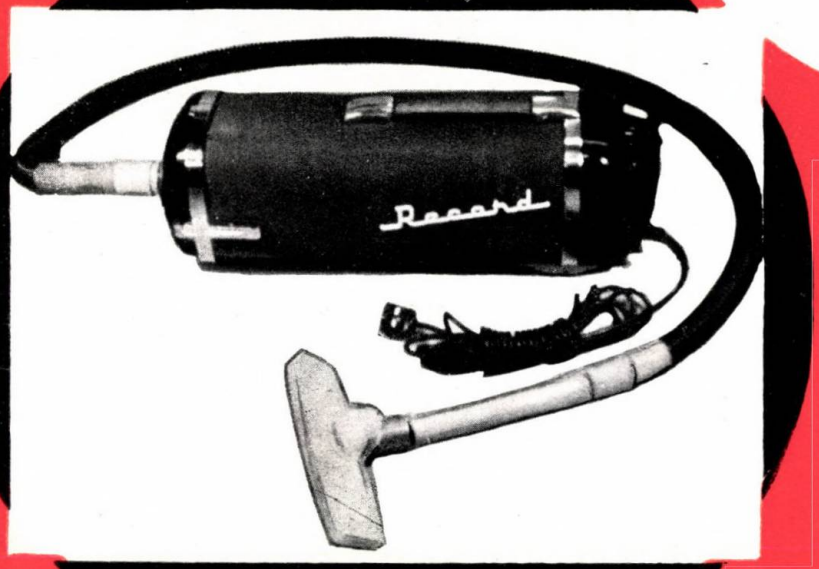
ELECTRO-BANAT

I.I.S. ELECTRO-BANAT — TIMIŞOARA, STR. PESTALOZZI Nr. 22

TELEFON: 1.42.60 ; 1.42.61

Intreprinderea ELECTROMOTOR





execută :

- motoare electrice asincrone trifazate cu rotorul în scurt-circuit, protecție IP 44, de 4—30 kW, și cu rotorul cu inele de contact, de 5,5—22 kW
- aspiratoare de praf tip „Record"
- ventilatoare de masă cu cadru sau suport
- relee regulatoare pentru tractoare și autovehicule
- generatoare de curent continuu pentru tractoare și autovehicule
- motoare și reostate pentru mașini de cusut electrice
- motoare pentru antrenarea spălătorului și centrifugei mașinilor de spălat rufe „ALBA—LUX"

For advertisments in rumanian periodicals apply to

PUBLICOM

Modern, efficient advertising on the Rumanian market in full progress of economic development

RUMANIAN PUBLICITY AGENCY
BUCHAREST RUMANIA – B-DUL N. BĂLCESCU No. 22
TEL.: 14.75.36

PUBLICOM

PUBLICOM

Faites votre publicité dans la presse roumaine de spécialité en vous adressant à

PUBLICOM

Réclame moderne, frappante, efficace, s'adressant au marché roumain en pleine évolution économique

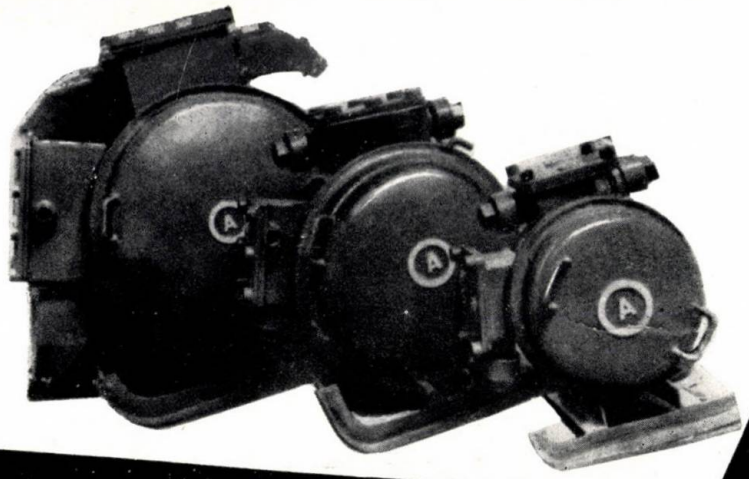
AGENCE ROUMAINE DE PUBLICITÉ
BUCAREST, ROUMANIE – B-DUL N. BĂLCESCU No. 22
TEL. 14.75.36

Werben Sie in der rumänischen Fachpresse durch

PUBLICOM

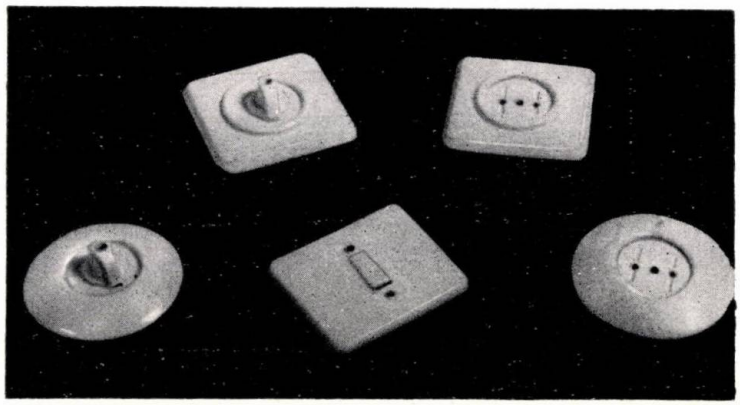
Moderne und wirksame Reklame auf dem aufstrebenden rumänischen Markt

RUMÄNISCHE WERBEAGENTUR
BUKAREST, RUMÄNIEN – B-DUL N. BĂLCESCU No. 22
FERNRUF: 14.75.36



- aparate pentru automatizări
- echipamente pentru tracțiune electrică, industria chimică, industria petrolieră, industria minieră, nave maritime și fluviale

electroaparataj



- aparate de instalații electrice interioare pentru construcții civile și industriale.

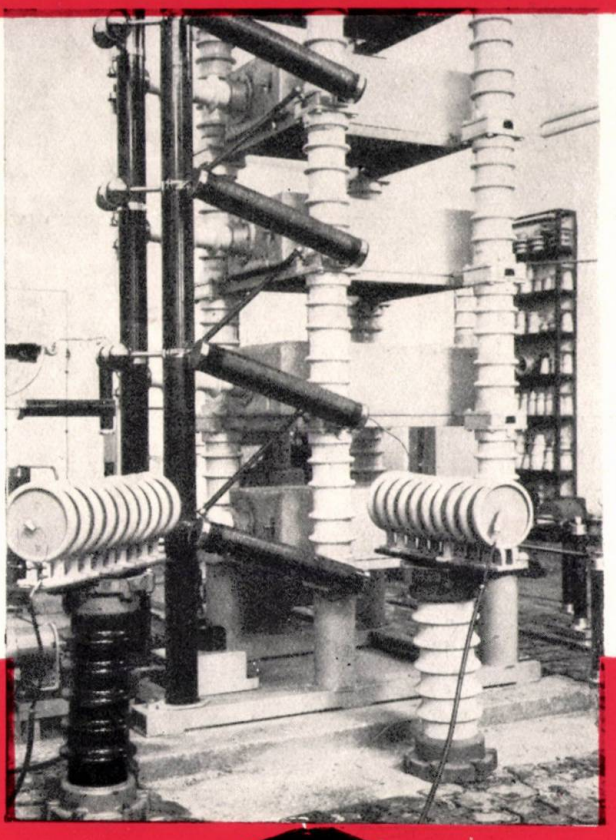
- aparate pentru comanda și protecția electromotoarelor

ÎNTREPRINDERE PRODUCĂTOARE DE APARATE ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

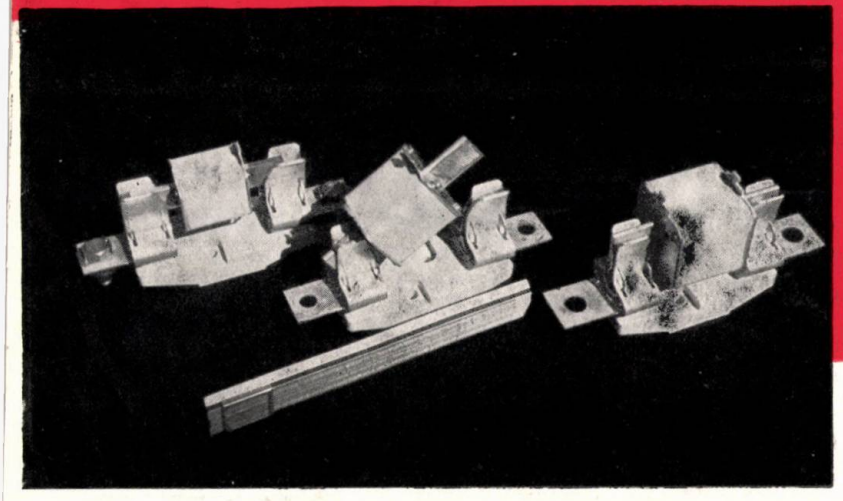
BUCUREȘTI

B-DUL MARELUI STADION NR. 3

M.I.C.M. - I.C.P.E.



INSTITUTUL DE CERCETARE ȘI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ



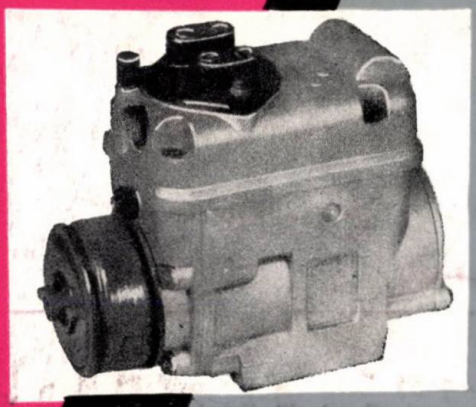
DIN BUCUREȘTI, BD. T. VLADIMIRESCU 45, TELEFON 16.41.40, 16.41.48

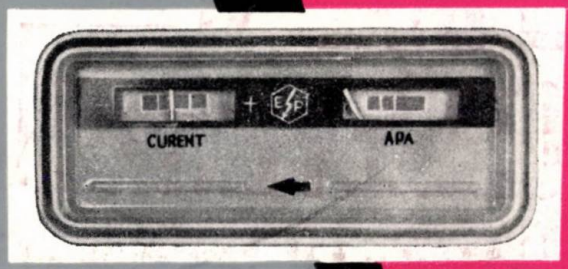
primește comenzi de cercetare și proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din țară.

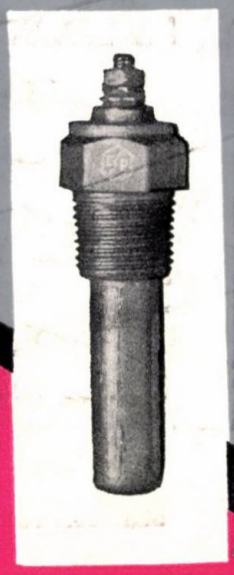
Institutul execută studii, încercări, omologări și execuții de prototipuri din domeniul mașinilor și transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă și înaltă tensiune, acționărilor electrice, schemelor complexe electrice și electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu mașini electronice, materialelor electrotehnice, cum și proiectări pentru uzine și fabrici cu acest profil.

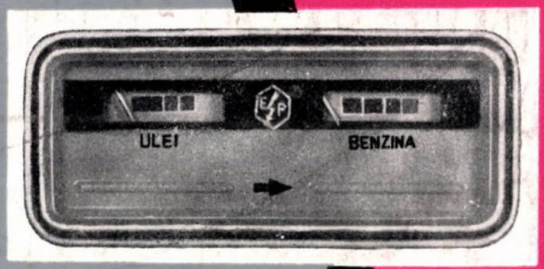
UZINA ELECTROPRECIZIE SĂCELE

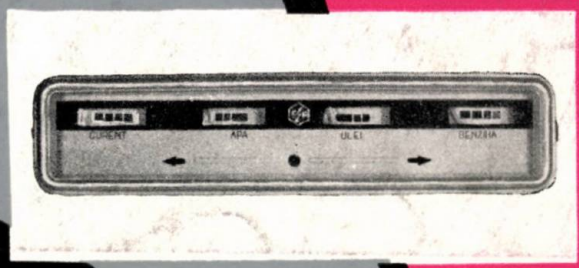
15 AL 3











produce

ECHIPAMENT ELECTRIC

PENTRU

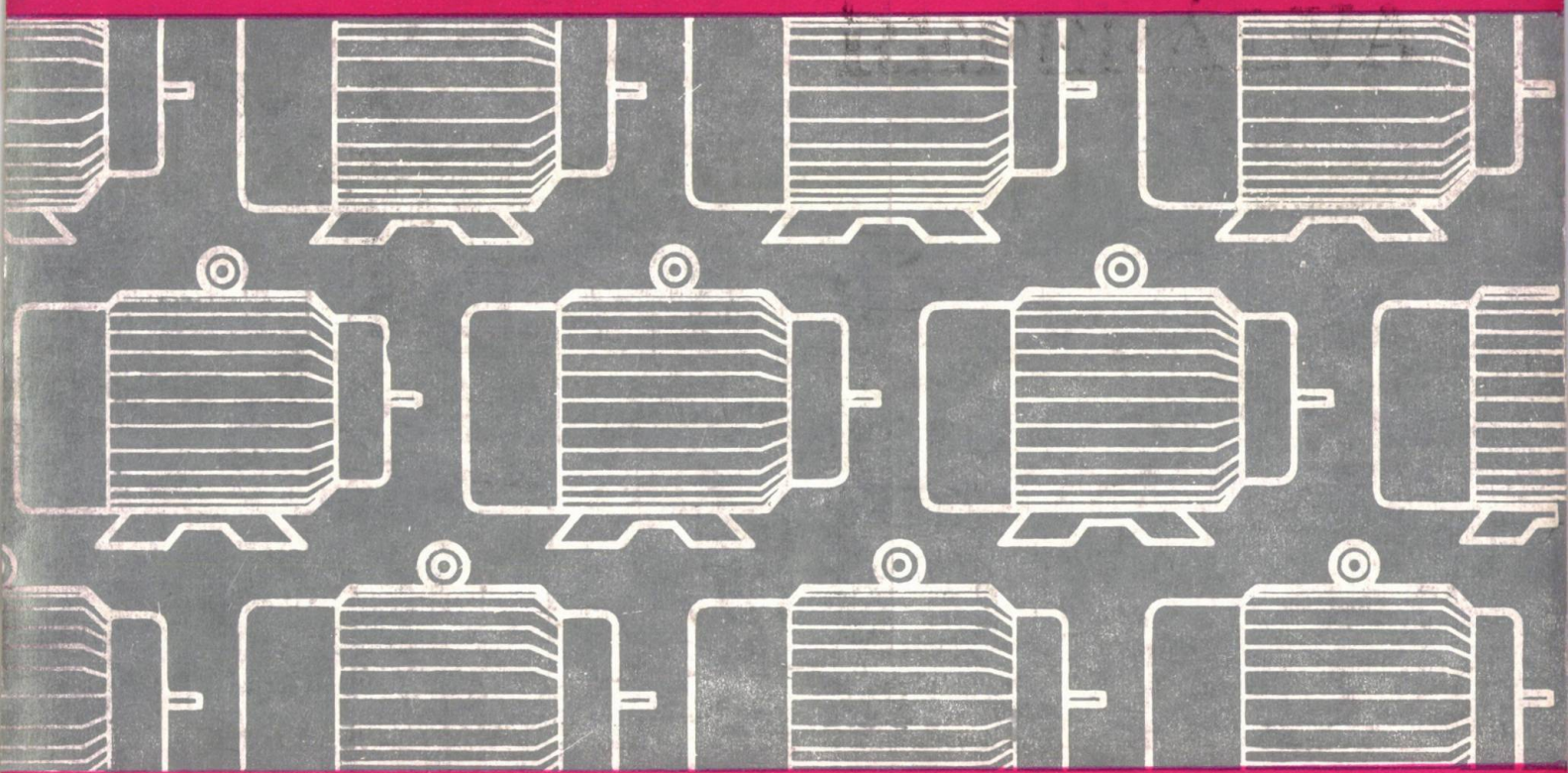
- AUTOCAMIOANE • TRACTOARE
- AUTOBUZE • TROLEIBUZE

și alte autovehicule, asigurînd cele mai exigente condiții de exploatare.

E 2040

R

ELECTROTEHNICA



ELECTROTEHNICA ● BUCUREŞTI ● ANUL 13 ● NR. 4 ● PAGINA 121 — 164 ● APRILIE 1965

4

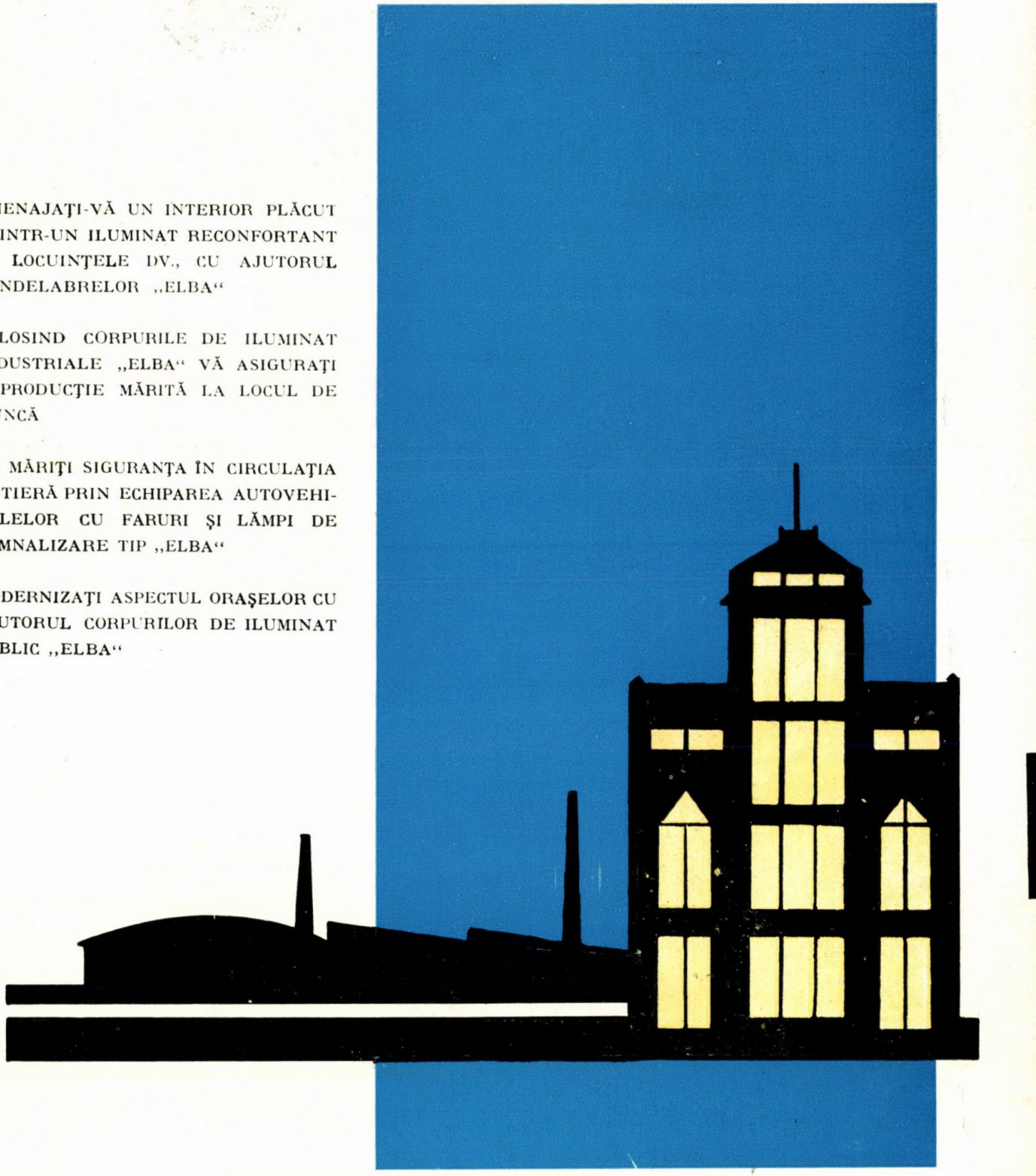
EL-BA

AMENAJAŢI-VĂ UN INTERIOR PLĂCUT PRINTR-UN ILUMINAT RECONFORTANT ÎN LOCUINŢELE DV., CU AJUTORUL CANDELABRELOR „ELBA"

FOLOSIND CORPURILE DE ILUMINAT INDUSTRIALE „ELBA" VĂ ASIGURAŢI O PRODUCŢIE MĂRITĂ LA LOCUL DE MUNCĂ

VĂ MĂRIŢI SIGURANŢA ÎN CIRCULAŢIA RUTIERĂ PRIN ECHIPAREA AUTOVEHICULELOR CU FARURI ŞI LĂMPI DE SEMNALIZARE TIP „ELBA"

MODERNIZAŢI ASPECTUL ORAŞELOR CU AJUTORUL CORPURILOR DE ILUMINAT PUBLIC „ELBA"



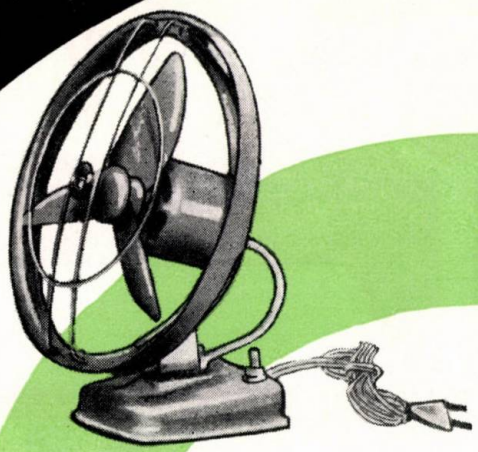
I.I.S. ELECTRO-BANAT — TIMIŞOARA, STR. PESTALOZZI Nr. 22

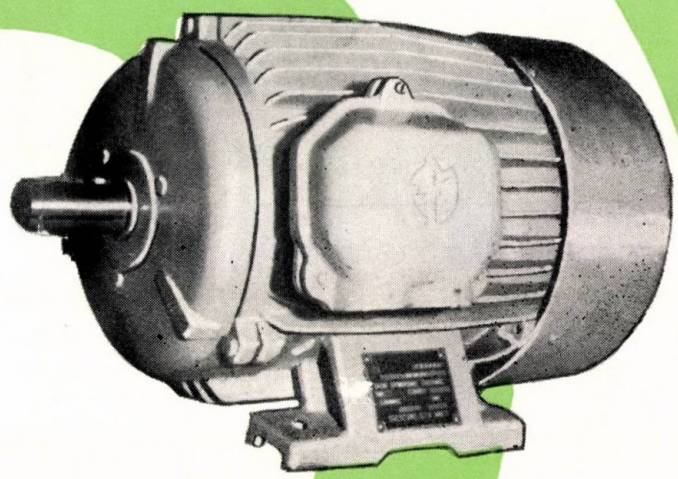
TELEFON: 1.42.60 ; 1.42.61

ELECTROMOTOR

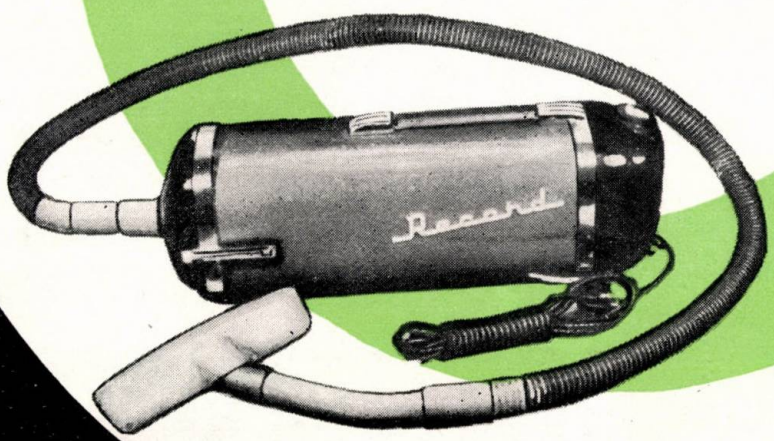
MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

- ventilatoare de masă cu cadru sau suport
- relee regulatoare pentru tractoare și autovehicule
- generatoare de curent continuu pentru tractoare și autovehicule
  motoare și reostate pentru mașini de cusut electrice
- motoare pentru antrenarea spălătorului și centrifugei mașinilor de spălat rufe „ALBA—LUX"





- motoare electrice asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit, protecție IP 44, de 4 — 30 kW, și cu rotorul cu inele de contact, de 5,5 — 22 kW
- aspiratoare de praf tip „Record"



For advertisments in rumanian periodicals apply to

PUBLICOM

Modern, efficient advertising on the Rumanian market in full progress of economic development

RUMANIAN PUBLICITY AGENCY
BUCHAREST, RUMANIA — B-DUL N. BĂLCESCU No. 22
TEL.: 14.75.35

PUBLICOM

PUBLICOM

Faites votre publicité dans la presse roumaine de spécialité en vous adressant à

PUBLICOM

Réclame moderne, frappante, efficace, s'adressant au marché roumain en pleine évolution économique

AGENCE ROUMAINE DE PUBLICITÉ
BUCAREST, ROUMANIE — B-DUL N. BĂLCESCU No. 22
TEL. 14.75.35

Werben Sie in der rumänischen Fachpresse durch

PUBLICOM

Moderne und wirksame Reklame auf dem aufstrebenden rumänischen Markt

RUMÄNISCHE WERBEAGENTUR
BUKAREST, RUMÄNIEN — B-DUL N. BĂLCESCU No. 22
FERNRUF: 14.75.35

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES
1883
DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

ELECTROTEHNICA

Anul 13 nr. 4 aprilie 1965

CUPRINS

CZ 538.1 :517.9 :621.3.011.1

Avramescu, A. : **Contribuţii la aprecierea sintetică a fenomenelor tranzitorii.**

Electrotehnica 13, nr. 4, aprilie 1965, p. 121–128

Autorul demonstrează că modul de comportare a unui sistem fizic (sau particular electric) supus unor forţe sau excitaţii exterioare se poate deduce fără rezolvarea ecuaţiilor diferenţiale pentru mărimea de stare dacă, aplicînd metode cunoscute de la sinteza sistemelor automate, se studiază funcţia de transfer respectivă şi derivatele ei succesive în apropierea originii planului complex şi pentru argumente foarte mari. Din valorile corespunzătoare la variaţia parametrilor se poate prevedea sintetic comportarea tranzitorie optimă în timp a sistemului, cu concluzii foarte utile pentru aplicaţii practice.

CZ 621.313.322–81.041.1

Corlăţeanu, V. şi *Rothman, A.* : **Tendinţe actuale privind construcţia turbogeneratoarelor.**

Electrotehnica 13, nr. 4, aprilie 1965, p. 128–139

Se prezintă şi se examinează pentru turbogeneratoarele de mare putere care se construiesc în prezent factorii limitativi ca : greutatea, volumul şi condiţiile tehnologice de forjare a rotorului.

Se prezintă realizările moderne din cadrul fiecărui sistem de răcire şi se arată, în final, unele soluţii pentru unităţile de cea mai mare putere în curs de proiectare.

CZ 621.317.333.82.072.9.001.24+002.2

Costina, D. şi *Marinescu, A.* : **Dispozitive de sincronizare pentru instalaţii de impuls de tensiune. Calcul şi construcţie.**

Electrotehnica 13, nr. 4, aprilie 1965, p. 139–150

Se prezintă soluţii moderne utilizate în laboratorul de înaltă tensiune al Uzinelor „Electroputere" — Craiova pentru sincronizarea instalaţiilor de impuls de tensiune.

CZ 621.313.17 :621.312.003.1(498) EMT

Toma, I., Crăciunescu, V. şi *Cocîrlă, T.* : **Eficienţa economică a introducerii tehnicii noi în fabricarea micromotoarelor la Intreprinderea „Electromotor" — Timişoara.**

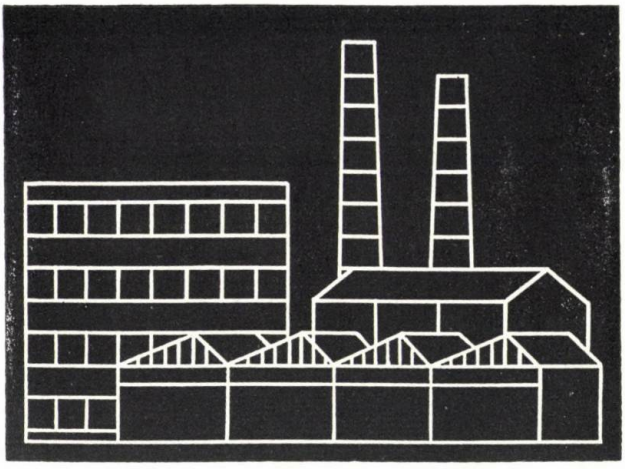
Electrotehnica 13, nr. 4, aprilie 1965, p. 151–160

Se tratează metodologia de calcul al eficienţei economice a introducerii tehnicii noi în industria constructoare de maşini, luînd în considerare şi posibilităţile de încărcare a mijloacelor de producţie. Se urmăresc efectele economice ale introducerii tehnicii noi în fabricarea micromotoarelor la Intreprinderea „Electromotor". Lucrarea are un caracter general, putînd servi ca ghid pentru determinarea eficienţei economice a introducerii tehnicii noi în industria constructoare de maşini.

RECENZII 160–162

REFERATE 162–165

SCURTE ŞTIRI 165



Instalaţiile pentru prelucrarea materiilor prime, fabricile de produse pentru consum, întreprinderile de prelucrat metale constituie nucleul unei economii sănătoase, contribuind la prosperitatea unei ţări.

În oraşe sau la sate, producţia industrială are nevoie de o sursă independentă de energie, puternică şi stabilă.

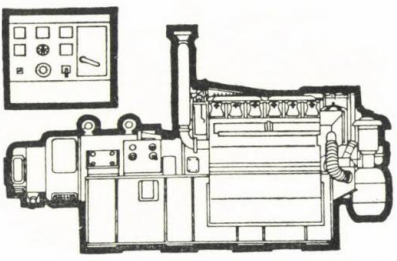
Pentru producerea energiei electrice într-o întreprindere sînt foarte avantajoase

centrale electrice staţionare

cu motoare Deutz-Diesel, răcite cu aer sau apă, combinate cu generatoare reglate automat, cu instalaţii de distribuţie separate şi rezervoare proprii de motorină.

Puteri de la 5 pînă la 1 000 kVA.

Alte amănunte în legătură cu folosirea electricităţii în diferite scopuri sînt indicate în prospectul ASA nr. 217.



AD. STRÜVER KG
AGGREGATEBAU
HAMBURG

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 538.1:517.9:621.3.011,1

Аврамеску А.: **К вопросу обобщающей оценки переходных явлений.**

Electrotehnica, 13, nr. 4, апрель 1965, стр. 121–128

Автор доказывает, что поведение физической (или в частности электрической) системы, подвергаемой воздействию внешних усилий или возбуждений, выводится без решения дифференциальных уравнений для величины состояния, если применяя методы известные для синтеза автоматических систем, изучается соответствующая передаточная функция и ее последовательные производные вблизи начала комплексной плоскости и для весьма больших аргументов. С помощью соответствующих значений колебания параметров можно синтетически предусмотреть оптимальное преходное поведение системы во времени, и дать весьма полезные заключения для практического применения.

ДК 621.313.322–81.041.1

Корлэцяну, В. и *Ротман, А.:* **Современные тенденции в области конструкции турбогенераторов.**

Electrotehnica, 13, nr. 4, апрель 1965, стр. 128–139

Для сооружаемых ныне высокомощных турбогенераторов приводятся и рассматриваются ограничительные факторы, в том числе вес, обьем и технологические условия ковки ротора.

Отмечаются новейшие достижения в рамках каждой охладительной системы и в заключение предлагается ряд решений для наиболее мощных проектируемых единиц.

ДК 621.317.333.82.072.9.001.24+002.2

Костина, Д. и *Маринеску, А.:* **Синхронизирующие приспособления для установок импульсного напряжения. Расчет и конструкция.**

Electrotehnica, 13, nr. 4, апрель 1965, стр. 139–150

Рассматриваются новейшие решения, применяемые в лаборатории токов высокого напряжения на Крайовском заводе „ЭЛЕКТРОПУТЕРЕ" для синхронизации установок импульсного напряжения.

ДК 621.313.17 :621.312.003.1(498) ЕМТ

Тома, И., Крэчуняску, В. и *Кокырлэ, Т.:* **Экономическая эффективность внедрения новой техники в производство микродвигателей на Тимишоарском предприятии „ЭЛЕКТРОМОТОР".**

Electrotehnica, 13, nr. 4, апрель 1965, стр. 151–160

Обсуждается методология расчета экономической эффективности внедрения новой техники в машиностроительную промышленность, с учетом возможностей загрузки средств производства. Рассматриваются экономический эффект и экономическая эффективность внедрения новой техники в производство микродвигателей на предприятии ЭЛЕКТРОМОТОР. Работа носит обобщающий характер, причем может служить руководством для определения экономической эффективности внедрения новой техники в машиностроительную промышленность.

РЕЦЕНЗИИ 160–162

РЕФЕРАТЫ 162–165

КРАТКИЕ СОБЩЕНИЯ 165

INHALTSVERZEICHNIS

DK 538.1 :517.9 :621.3.011.1

Avramescu, A.: **Beiträge zur synthetischen Beurteilung von Ausgleichvorgängen.**

Electrotehnica 13, H. 4, April 1965, S. 121–128

Der Verfasser beweist, dass das Übergangsverhalten von äusseren Kräften oder Erregungen ausgesetzten physikalischen (insbesondere elektrischen) Systemen mit Umgehung der Lösung der Differentialgleichung für die betreffende Zustandsgrösse ermittelt werden kann, wenn die entsprechende Übergangsfunktion und ihre fortlaufende Ableitungen unter Anwendung von hierzu bei der Synthese automatischer Reglung entwickelten Methoden, in der Nähe des Ursprungs der Gauss'schen Ebene bzw. für sehr grosse Argumente untersucht wird. Aus diesen Werten kann bei Änderung der Parameter das optimale Übergangsverhalten des Systems im Zeitbereich vorausbestimmt werden, wobei sich für praktische Anwendungen sehr wichtige Anleitungen ergeben.

DK 621.313.322–81.041.1

Corlăteanu, V. und *Rothman, A.*: **Gegenwartstendenzen beim Bau von Turbogeneratoren.**

Electrotehnica 13, H.4, April 1865, S. 128–139

Für hochleistungsfähige zur Zeit gebauten Turbogeneratoren werden die Begrenzungsfaktoren, wie Gewicht, Bemessung und die Bedingungen der Schmiedetechnologie des Läufers dargelegt und erörtert.

Für jedes Kühlsystem werden die modernen Errungenschaften dargelegt und abschliessend einige Lösungen für die im Entwurf befindlichen Grossanlagen angeführt.

DK 621.317.333.82.072.9.001.24+002.2

Costina, D. und *Marinescu, A.*: **Synchronisiervorrichtungen für Spannungsimpulsanlagen. Berechnung und Ausführung.**

Electrotehnica 13 H. 4, April 1965, S. 139–150

Es werden die im Hochspannungslaboratorium der Werke „Electroputere"–Craiova zur Synchronisierung der Spannungsimpulsanlagen angewandten modernen Lösungen dargelegt.

DK 621.313.17 :621.312.003.1 (498) EMT

Toma, I., Crăciunescu, V. und *Cocîrlă, T.*: **Die Wirtschaftlichkeit der Einführung der neuen Technik beim Bau von Kleinmotoren im Werk „Electromotor"-Timişoara.**

Electrotehnica 13 H. 4, April 1965, S. 151–160

Es wird die Berechnungsweise des ökonomischen Nutzens der Einführung der neuen Technik im Maschinenbau behandelt, wobei auch die Überlastfähigkeit der Produktionsmittel berücksichtigt wird. Es werden die wirtschaftlichen Auswirkungen und der ökonomische Nutzen der Einführung der neuen Technik beim Bau von Kleinmotoren im Werk „Electromotor" verfolgt. Der Aufsatz hat einen allgemeinen Charakter und kann als Leitfaden zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der Einführung der neuen Technik im Maschinenbau verwendet werden.

BUCHBESPRECHUNGEN 160–162

CHRONIK 162–165

KURZNACHRICHTEN 165

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES 1833 DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Anul 13 Nr. 4 București, aprilie 1965

Contribuții la aprecierea sintetică a fenomenelor tranzitorii

Aurel Avramescu * — București

CZ 538.1 : 517.9 : 621.3.011.1

Analiza fenomenelor tranzitorii electromagnetice în medii și în circuite a fost pe drept considerată ca o preocupare dificilă, rezervată unor buni cunoscători ai instrumentului matematic și ai tehnicii măsurărilor [1]. Totuși, mulți practicieni și-au dat seama, în cursul experienței lor mai îndelungate, că în instalațiile și în echipamentele electrotehnice de înaltă tehnicitate apar fenomene tranzitorii de foarte scurtă durată, dar de foarte mare importanță pentru aprecierea sau menținerea unei bune funcționări. Astfel, supratensiunile de conectare sau cele atmosferice au trebuit să fie studiate amănunțit [2] și mai rezervă încă cercetătorilor suficiente probleme de dezlegat [3]. Fenomenele de refulare a cîmpului electromagnetic în conductoare (efectul pelicular și curenții turbionari), studiate în starea staționară de clasicii teoriei electricității: C. Maxwell, W. Thomson, F. Emde, Wwedenski ș.a. [4], au oferit multor cercetători, dintre care și unor romîni [5], [6], ocazia să studieze probleme mult mai complicate, care apar în faza tranzitorie a efectului pelicular sau a curenților turbionari [7].

La extinderea cercetărilor în domeniul fenomenelor tranzitorii a contribuit, între altele, dezvoltarea unor metode matematice specifice, cum sînt calculul operațional al lui Heaviside și apoi transformata Laplace, mai riguroasă [8], cum și progresele automaticii, în care analiza proceselor tranzitorii are un rol foarte important [9].

Ceea ce a frînat studiul fenomenelor impulsorii în circuite electrice a fost, fără îndoială, rolul covîrșitor al excitației armonice în rețelele electrice, respectiv în dispozitivele electronice [10], cum și ușurința tratării matematice a problemelor referitoare cu ajutorul mărimilor complexe, a vectorilor, analizei armonice și a transformației Fourier [11]. Variația frecvenței, ușor posibilă în electronică, a permis, indirect, deducerea comportării tranzitorii pe cale experimentală sau teoretică, prin obținerea spectrului de frecvențe proprii al sistemului, a funcției de transfer a oscilațiilor și a curbelor care ilustrează comportarea la oscilații armonice în planul complex [12].

Totuși, dezvoltarea mare a tehnicii impulsurilor în electronică [13], progresele în teoria sintezei [14] și optimizarea sistemelor dinamice reglate automat [15] au pus în evidență puncte de vedere noi în tratarea fenomenelor tranzitorii la excitație de impuls sau de salt. Studiul proprietăților funcției de transfer (transformația Laplace a răspunsului la impulsul unitar) permite în anumite condiții a se prevedea numeroase trăsături ale comportării tranzitorii în timp a sistemului. Or, după cum autorul a demonstrat, majoritatea problemelor la limită din fizica matematică se pot trata ca probleme de transmisie dacă, drept sens de scurgere al semnalului, se consideră sensul propagării mărimii de stare de la cauză la efect în fenomenul studiat [16]. De aceea, în cele ce urmează se vor arăta relațiile fundamentale dintre funcția de transfer și desfășurarea în timp a fenomenului tranzitoriu corespunzător, cu scopul de a deduce parametrii caracteristici și reguli simple pentru ilustrarea comportării la transfer. Cu această ocazie se vor pune în evidență unele rezultate ale cercetărilor autorului, care permit o apreciere sintetică simplă, utilă pentru practicieni, a acestei comportări.

Metoda transformatei Laplace

Fenomenele electromagnetice din medii și circuite se pot analiza și cerceta cu ajutorul ecuațiilor diferențiale ale cîmpului. Plecînd de la cele mai generale ecuații cu derivate parțiale, ecuațiile lui Maxwell în vid și în medii omogene, din care se deduce ecuația hiperbolică de propagare a undelor electromagnetice (de formă identică cu cea a propagării sunetului), ecuația

* Acad. dr. ing. *A. Avramescu* este directorul general al Centrului de documentare științifică al Academiei R.P.R.

telegrafiștilor de o formă mai complicată, pe care se bazează teoria liniilor de transmisie și ecuația parabolică de difuziune a cîmpului în conductoare omogene (de forma ecuației căldurii a lui Fourier) și pînă la sistemele de ecuații cu derivate ordinare ale rețelelor și circuitelor electrice cu parametrii concentrați, care reproduc teoremele lui Kirchhoff, aceste ecuații diferențiale permit rezolvarea majorității problemelor ce se pun în teoria electricității și electrotehnicii. De aceea, perfecționarea și simplificarea metodelor de rezolvare a ecuațiilor diferențiale cu condiții inițiale și pe frontiere a adus totdeauna mari servicii electricienilor. Citățm în acest sens calculul operațional al lui Heaviside, care se utilizează astăzi sub forma transformației Laplace și care permite transformarea ecuațiilor cu derivate parțiale în ecuații cu derivate ordinare, introducerea condițiilor inițiale direct în ecuațiile operaționale și, în consecință, simplificarea considerabilă a problemelor teoretice. Soluția se obține nu prin particularizarea unei situații generale, ci prin tranformația inversă Laplace, care se reduce de cele mai multe ori la aplicarea formulei lui Heaviside (a fracțiilor parțiale) sau a teoremei reziduurilor [8]. De multe ori, transformata inversă se găsește în tabelele de funcții corespondente, devenite astăzi foarte ample, ceea ce scutește pe mulți ingineri să reia exercițiul cu calculul diferențial și integral.

Dar chiar și fără a putea găsi transformata inversă, se pot trage concluzii importante și surprinzător de complete asupra comportării tranzitorii a sistemului din examinarea transformatei Laplace a soluției la o excitare cu impulsul unitar al lui Dirac $\delta(t)$.

Comportarea tranzitorie a unui sistem liniar se descrie prin ecuația diferențială ordinară tipică, scrisă adimensional, pentru funcția de stare x:

$$x^{(n)} + a_{n-1}\, x^{(n-1)} + \ldots + a_1 x' + a_0\, x = f(t), \quad (1)$$

toate derivatele înțelegîndu-se în raport cu timpul t. Termenul „perturbator" din dreapta reprezintă excitația exterioară a sistemului, ca forțele electromotoare impuse, cîmpurile aplicate etc. Pentru ca soluția să fie univocă trebuie să fie date valorile funcției x și ale primelor $n-1$ derivate x_0', x_0'', ..., $x_0^{(n-1)}$, în momentul $t = +0$, adică valorile inițiale ale problemei. Aceasta constă în a găsi soluția $x(t)$ în intervalul $t > 0$, care satisface ecuația (1) și condițiile inițiale.

O considerabilă ușurare intervine prin faptul că atît funcțiile x și f, cît și variabila t, nu sînt arbitrare ci, datorită semnificației lor fizice, îndeplinesc condiții restrictive care simplifică mult problema matematică. Ele sînt funcții și variabile reale, finite, diferențiabile, derivatele fiind, în general, funcții continue. Se admite ca $f(x)$ să aibă salturi, în care caz și $x^{(n)}$ poate să le aibă pentru aceleași valori ale variabilei t.

Aplicarea transformatei Laplace clasice:

$$\mathcal{L}\{x(t)\} \equiv \int_0^\infty e^{-st}\, x(t)\, dt = X(s)$$

ecuației (1) cu notarea polinomului „caracteristic":

$$P(s) = s^n + a_{n-1}\, s^{n-1} + \ldots + a_1 s + a_0 = \frac{1}{Y(s)} \quad (2)$$

permite scrierea imediată a soluției transformate $X(s)$ sub forma:

$$\left.\begin{aligned} X(s)P(s) = F(s) &+ x_0 (s^{n-1} + a_{n-1}\, s^{n-2} + \\ &+ \ldots + a_2\, s + a_1) \\ &+ x_0'(s^{n-2} + a_{n-1} s^{n-3} + \ldots + a_2) \\ &+ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ &+ x_0^{(n-2)}(s + a_{n-1}) \\ &+ x_0^{(n-1)} \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

care include toate valorile inițiale. Soluția $x(t)$ a ecuației neomogene (1) se obține prin suprapunerea soluției (4) cu cea a soluției (3), în care se consideră $F(s) = 0$, deci a ecuației omogene cu condiții inițiale nenule [8].

Dacă ele sînt toate nule, se obține foarte simplu:

$$X(s) = \frac{F(s)}{P(s)} = Y(s)\, F(s). \quad (4)$$

Considerînd în continuare sistemul „quiescent", adică în repaus, soluția se obține cu ajutorul integralei de convoluție:

$$x(t) = y(t) \cdot f(t) = \int_0^t y(t-\tau)\, f(\tau)\, d\tau, \quad (5)$$

a cărei explicitare nu este simplă, nici dacă se recurge la mașini de calcul. De aceea, este mai indicat să se analizeze îndeaproape relația tranformată (4), care are forma foarte simplă a legii lui Ohm, în care $F(s)$ joacă rolul tensiunii aplicate $X(s)$ a curentului și $Y(s)$ a admitanței, iar $P(s)$ a impedanței. Într-adevăr, întrebăm, de obicei, ce curent va solicita un sistem electric la aplicarea unei tensiuni.

Analogii cu teoria automaticii

Analogia devine evidentă dacă funcția perturbatoare $f(t)$ se consideră mărimea de intrare, iar $x(t)$, cea de ieșire. Relațiile (4) au semnificații deosebit de importante, funcția complexă $Y(s)$ fiind egală cu răspunsul sistemului $X(s)$ în cazul cînd $F(s) = 1$, adică atunci

cînd $f(t) = \delta(t)$, funcția impulsului unitar, deoarece

$$\mathcal{L}\{\delta(t)\} = \int_0^\infty \delta(t)\,dt = \int_{-\varepsilon}^{+\varepsilon} \delta(t)\,dt = 1$$

$$\text{pentru } t \geqslant 0. \qquad (6)$$

O dată cu aceasta se stabilește o legătură importantă, cu excitația în treaptă unitară $f(t) = u(t)$ care, datorită transformatei sale

$$\mathcal{L}\{u(t)\} = \frac{1}{s},$$

duce la relația

$$U(s) = \frac{1}{s} Y(s), \qquad (7)$$

asupra căreia vom reveni.

În automatică funcția $Y(s)$, adică transformata Laplace a răspunsului la excitația cu impulsul unitar, se numește funcția de transfer și are un rol foarte important [9].

Proprietățile funcției de transfer sînt cu totul deosebite și merită o considerare aprofundată.

Dacă sistemul are parametrii concentrați, atunci funcția de transfer are totdeauna forma unui cît de polinoame :

$$Y(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \ldots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \ldots + a_1 s + a_0}, \qquad (8)$$

unde $m < n$ sînt numere întregi, toți coeficienții reali.

Prin operații algebrice simple funcția de transfer se „normează" de obicei astfel încît să se obțină :

$$\lim_{s \to 0} Y(s) = 1. \qquad (9)$$

Ca orice integrală Laplace, $Y(s)$ este olonomă și mărginită în semiplanul $s > \sigma_0$ în care integrala converge. Polii funcției de transfer se află în semiplanul din stînga pe axa reală negativă sau sînt complex conjugați. Pe axa imaginară funcția de transfer este continuă și mărginită la infinit.

Dacă sistemul are parametrii uniform repartizați, funcția de transfer este în general transcendentă avînd însă polii situați tot în semiplanul din stînga. Astfel de funcții apar în cazul pătrunderii cîmpului electromagnetic în medii omogene [17] în linii lungi, în cabluri etc. [16].

Cea mai importantă proprietate a funcției de transfer ne pare a fi însă faptul că ea *nu depinde în nici un fel de forțele aplicate* și de desfășurarea lor $f(t)$ ci, datorită legăturii intime cu polinomul caracteristic (2), din a cărui anulare (ecuația caracteristică) se obțin valorile proprii ale sistemului, depinde numai de structura internă a sistemului.

De aceea, este justificat să se reprezinte relația fundamentală (4) printr-un dreptunghi, în schemele-bloc ale automaticii (fig. 1). $F(s)$ fiind mărimea de intrare și $X(s)$ mărimea de ieșire, sistemul este caracterizat numai prin funcția de transfer, adică prin admitanța sa $Y(s)$, care se scrie în dreptunghiul reprezentînd întregul sistem, indiferent de structura sa intimă.

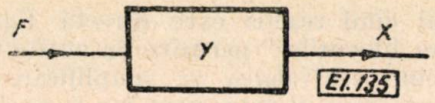


Fig. 1. Element bloc în automatică.

Schemele-bloc au o deosebită importanță practică în automatică, deoarece ele permit descoperirea unor scheme echivalente mai simple care au exact aceleași proprietăți globale, dar mai puține elemente [9]. Elemente legate în serie cu funcția de transfer egală cu produsul funcțiilor de transfer ale elementelor, ceea ce rezultă clar, în cazul a două elemente conform figurii 2, *a*, din ecuațiile :

$$X_1(s) = Y_1(s)\,F(s); \quad X_2(s) = Y_2(s)\,X_1(s);$$

$$X_2(3) = Y_1(s)\,Y_2(s)\,F(s). \qquad (10)$$

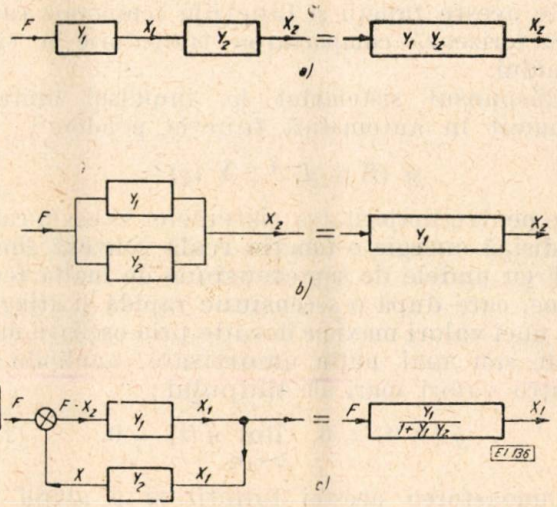


Fig. 2. Scheme-bloc echivalente în automatică :
a – două elemente legate în serie; *b* – două elemente legate în paralel; *c* – două elemente în buclă de reacție.

În cazul legării în paralel a două elemente, așa cum se arată în figura 2, *b*, funcțiile de transfer se adună :

$$X_{12}(s) = Y_1(s) + Y_2(s). \qquad (11)$$

Cea mai remarcabilă schemă în automatică este însă legătura în circuit închis prin reacție, arătată în figura 2, *c*. Mărimea de ieșire $X_1(s)$ este readusă prin elementul de reacție $Y_2(s)$ la un element special D, care realizează diferența $F(s) - X_2(s)$, și o aplică primului element

$Y_1(s)$, rezultînd în global o nouă funcție de transfer :

$$X_1(s) = Y_1(s)\,[F(s) - Y_2(s)];$$

$$X_2(s) = Y_2(s)\,X_1(s);$$

$$X_1(s) = \frac{Y_1(s)}{1 + Y_1(s)\,Y_2(s)}\,F(s) = \frac{P_2(s)}{1 + P_1(s)\,P_2(s)}\,F(s) \tag{12}$$

În cazul cînd reacția este directă $Y_2(s) = 1$. „Algebra blocurilor" permite cu aceste noțiuni și teoreme echivalarea și simplificarea schemelor complexe și reducerea lor la unele mult mai simple, ceea ce are pentru aplicații practice, de exemplu în calculul filtrelor electrice, a elementelor compensatoare ale unei rețele etc., un rol important [14]. Asupra acestor proprietăți ale funcției de transfer vom reveni în continuare.

Relații ale funcției de transfer cu funcțiile temporale

Știind, pe de o parte, că regimul tranzitoriu „liber" al unui sistem este dat de soluțiile ecuației caracteristice $P(s) = 0$, pe de alta că aceste soluții sînt poluri ale funcției de transfer $Y(s) = 1/P(s)$, este natural să căutăm relații între aceste funcții și funcțiile temporale care caracterizează comportarea tranzitorie a sistemului.

Răspunsul sistemului la impulsul unitar, denumit în automatică funcția pondere :

$$y(t) = \mathcal{L}^{-1}\{Y(s)\},$$

este pentru majoritatea sistemelor fizice în care se disipă energie o funcție reală convexă similară cu undele de supratensiune de înaltă tensiune, care după o ascensiune rapidă și atingerea unei valori maxime decade prin oscilații mai mult sau mai puțin amortizate, anulîndu-se pentru valori mari ale timpului :

$$y(+0) = 0, \quad \lim_{t \to \infty} y(t) = 0. \tag{13}$$

Cunoașterea acestei funcții și a alurei ei interesează în cel mai înalt grad în legătură cu aprecierea comportării tranzitorii a sistemului, deoarece din ea se deduce răspunsul la orice altă funcție de excitație pe baza integralei (5). Or, după cum vom arăta, numeroase proprietăți ale acestei funcții le putem deduce direct din funcția de transfer.

Astfel, aria A închisă cu abscisa t de către curba $y(t)$ rezultă din funcția de transfer prin trecerea la limită :

$$A = \int_0^\infty y(t)\,dt = \lim_{s \to 0} \int_0^\infty e^{-st}\,y(t)\,dt =$$

$$= \lim_{s \to 0} Y(s) = Y(0). \tag{14}$$

Datorită normării (9), această valoare devine unitară.

Ținînd seamă de relația (7) dintre funcția de pondere $y(t)$ și răspunsul sistemului la treapta unitară $u(t)$, există relațiile generale de mare importanță :

$$u(t) = \int_0^t y(t)\,dt; \quad \frac{d}{dt}\,u(t) = y(t). \tag{15}$$

Funcția de pondere este deci derivata răspunsului la treapta unitară. Pentru funcții de transfer normate avem, coroborînd (14) :

$$u(\infty) = \int_0^\infty y(t)\,dt = Y(0) = 1. \tag{16}$$

Sisteme de acest tip se numesc în automatică integrale (I), iar în teoria aparatelor de măsură astatice [18], deoarece ele anulează cu timpul eroarea de poziție $e(t) = f(t) - x(t)$. Cît de repede se anulează această eroare depinde la sisteme amortizate de valoarea ariei incluse de curba erorii cu axa timpurilor (fig. 3).

$$\int_0^\infty e(t)dt = \int_0^\infty [f(t) - x(t)]\,dt = f(\infty) \cdot T, \tag{17}$$

pe care o măsurăm cu ajutorul constantei de timp ariale T, propusă de autor pentru aprecierea comportării la transfer a sistemului [19].

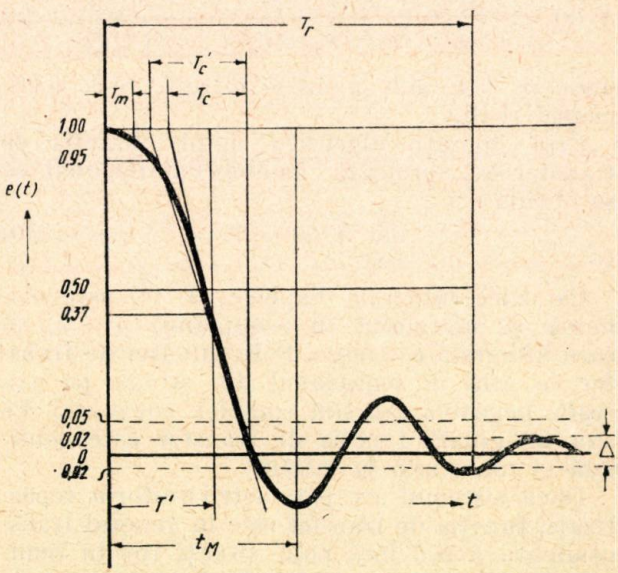


Fig. 3. Curba erorii $e(t)$ la aplicarea treptei unitare : T_m – timpul mort ; T_c, T_c' – timpul de creștere (două definiții ; T – constanta de timp clasică ; T_M – timpul pînă la suprareglare ; T_r – timpul de liniștire.

Semnificația fizică a constantei de timp reiese imediat dacă aplicăm sistemului treapta unitară, în care caz

$$T = \int_0^\infty e(t)\,dt = \int_0^\infty [1 - u(t)]\,dt = \int_0^\infty dt \int_0^\infty y(t)\,dt. \tag{18}$$

Și această arie, respectiv constanta de timp caracteristică, se poate deduce, după cum a demonstrat autorul, din funcția de transfer [20]. Procedînd aici pe o altă cale, vom observa că :

$$T = \lim_{s \to 0} \int_0^\infty e^{-st} e(t)\, dt = \lim_{s \to 0} E(s) = E(0).$$

Totodată, din (18) se deduce, folosind relația (4) și (7), că

$$E(s) = \frac{1}{s} - \frac{1}{s} Y(s)$$

și deci

$$T = \lim_{s \to 0} \frac{1 - Y(s)}{s} = - Y'(0), \qquad (19)$$

ceea ce rezultă după ridicarea nedeterminării cu ajutorul regulii lui Hospital. În cazul general, cînd funcția de transfer nu este normată la $Y(0) = 1$, atunci [20] :

$$T = - \lim_{s \to 0} \frac{\partial}{\partial s} \ln Y(s). \qquad (20)$$

Semnificația importantă a valorii funcției de transfer și a primei sale derivate în originea planului complex s incită spre a descoperi dacă nu cumva toate derivatele acestei funcții au roluri în aprecierea comportării la transfer a sistemelor fizice la care se referă. Cercetările autorului au arătat că acesta este tocmai cazul [21].

Înainte de toate, din formula de diferențiere succesivă a integralei Laplace în raport cu variabila s rezultă imediat :

$$Y^{(n)}(s) = (-1)^n \int_0^\infty e^{-st} t^n y(t)\, dt =$$

$$= (-1)^n \mathcal{L}\{t^n y(t)\} \qquad (21)$$

o legătură între aceste derivate și „momentele" funcției de pondere, ceea ce apare și mai clar la limita $s \to 0$:

$$Y^{(n)}(0) = (-1)^n \int_0^\infty t^n y(t)\, dt. \qquad (22)$$

Aceste „momente" au însă o și mai importantă semnificație dacă se aplică erorii $e(t)$. Legătura se poate stabili cu ajutorul relațiilor stabilite de autor [21] :

$$E^{(n)}(0) = - \frac{1}{n+1} Y^{(n+1)}(0), \qquad (23)$$

astfel că avem

$$I_n \equiv \int_0^\infty t^n e(t)\, dt = (-1)^n \cdot E^{(n)}(0) =$$

$$= \frac{(-1)^{n+1}}{n+1} Y^{(n+1)}(0). \qquad (24)$$

Or, momentele erorii sînt criteriile liniare de optimizare a sistemelor automatizate. Spre a putea obține performanțe cît mai ridicate aceste integrale trebuie să fie minimizate deci cu ele și derivatele succesive ale funcției de transfer. De multe ori s-a propus minimizarea unor sume de momente de ordin diferit [15].

Autorul a observat că pentru a evita derivări succesive, uneori dificile, este suficient să se minimizeze valoarea funcției de transfer însăși [20], deoarece în dezvoltarea Mc Laurin pentru valori s reale și negative ele apar cu semnele alternante ca în (24) :

$$Y(-\sigma) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n!} \sigma^n Y^n(0) \approx \sum_{n=0}^{n} I_n. \qquad (25)$$

O consecință importantă pentru aplicații ale acestei includeri sintetice este *extinderea valabilității teoremelor din algebra blocurilor* privind compunerea funcțiilor de transfer *asupra invarianților și criteriilor integrale de optimizare.*

Această dezvoltare este valabilă în interiorul cercului de convergență, pînă la primul pol al funcției de transfer. Cea mai simplă valoare este $\sigma = 1$, deci $Y(-1)$, care se obține imediat din funcția de transfer. La nevoie se poate lucra cu $\sigma = 2$ sau $1/2$, după caz.

Rezultă regula : *comportarea optimă la transfer a sistemului după criteriile liniare ale erorii depinde de minimizarea funcției de transfer pe axa reală negativă în apropierea originii.* Enunțul completează regula cunoscută, după care caracterul oscilatoriu al răspunsului unui sistem fizic depinde de valorile funcției de transfer pe axa imaginară.

Se știe că în cazul cînd sistemul are tendința de a intra în oscilații (de exemplu, datorită amplificării prea mari) criteriile liniare de optimizare nu sînt suficient de eficiente și trebuie să se recurgă la criteriile pătratice :

$$I_n = \int_0^\infty t^n e^2(t)\, dt \approx \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \left| \frac{Y(-\sigma + j\omega)}{-\sigma + j\omega} \right|^2 d\omega, \qquad (26)$$

care s-au exprimat aici, aproximativ, cu ajutorul funcției de transfer [21]. Dacă se alege $\sigma = 1$ rezultă simplificări ca înainte.

Putem deci enunța încă o regulă : *comportarea la transfer după criterii pătratice ale erorii depinde de minimizarea mediei pătratice a funcției de transfer, împărțită cu raza vectoare de-a lungul unor verticale pe axa reală negativă* în apropierea axei imaginare. Într-adevăr, se știe, din analiza și sinteza sistemelor automate, că oscilații apar cînd polii conjugați „dominanți" se apropie de axa imaginară.

Toate aceste reguli permit o apreciere prealabilă a comportării sistemului la transfer, utilizînd doar anumite proprietăți ale funcției de transfer, ceea ce este de mare folos atunci cînd integrarea sau inversarea nu reușește. De

aceea, nu este de mirare că s-a propus a i se da denumirea *funcția Green* a ecuației diferențiale ordinare [8].

Invarianții fenomenelor tranzitorii

În cele de mai sus s-a demonstrat că urmărirea valorilor funcției de transfer în anumite puncte și regiuni ale planului complex permite tragerea unor concluzii asupra comportării tranzitorii a sistemului.

Valorile în origine ale funcției de transfer și ale derivatelor ei succesive sînt constante, depinzînd doar de parametrii interni ai sistemului. Am văzut că acești invarianți considerați cu semnul corespunzător din relațiile (22) și (25) reprezintă arii caracteristice închise de funcții de timp foarte importante, ca funcția pondere (14), eroarea de poziție (18), de viteză de accelerație etc. În același timp, acești invarianți înmulțiți cu anumiți coeficienți numerici, ca în ecuațiile (24), egalează criteriile de optimizare liniare în raport cu eroarea, așa-numiții coeficienți genealizați ai erorii [14]. Aceste proprietăți ne îndreptățesc a-i declara invarianți caracteristici ai fenomenelor tranzitorii, cu următoarea observație importantă. Avînd în vedere că se ia valoarea acestor funcții în apropierea originii planului complex, datorită teoremei valorilor finale a transformatei Laplace

$$\lim_{s \to 0} s\,X\,(s) = \lim_{t \to \infty} x\,(t) \qquad (27)$$

se obține comportarea funcției respective pentru valori mari ale timpului deci nu în primele faze ale fenomenului tranzitoriu. De notat însă că valorile derivatelor de ordin superior au o influență crescîndă asupra fazelor incipiente, din cauza ponderii crescînde a momentelor timpului în expresiile integrale (22) și (24). Așa se explică aptitudinea invarianților de a fi utilizați pentru optimizarea comportării la transfer a sistemului. De exemplu dacă sistemul este puțin amortizat și oscilează, atunci derivatele superioare în origine au tendința de a lua valori mai mari, deoarece integralele (22) și (24) converg din ce în ce mai greu. Există totuși o limită precisă a amortizării la care criteriile liniare nu mai sînt valabile, în care caz trebuie să se considere înfășurătoarea oscilațiilor [20]. Asupra acestei probleme nu putem insista aici.

Valorile funcției de transfer și ale derivatelor ei pentru argumente mari pot servi la aprecierea comportării la transfer în primele faze ale fenomenului tranzitoriu, ceea ce se datorește teoremei valorilor inițiale ale transformatei Laplace :

$$\lim_{s \to \infty} s\,X\,(s) = \lim_{t \to 0} x\,(t) = x\,(+0) \qquad (28)$$

cu condiția ca valoarea $x\,(+0)$ să existe [8, p. 219]. Deoarece, practic, valoarea $x\,(+0)$ este sau nulă sau reală și mărginită, este necesar ca

$$\lim_{s \to \infty} X\,(s) = 0\,.$$

Totuși acest rezultat depinde de drumul pe care ne apropiem de punctul de la infinit. În semiplanul de convergență $s < \sigma_0$ a integralei Laplace anularea se produce pe orice drum, adică pe un semicerc mare.

Dacă pentru valori mari ale argumentului s funcția de transfer se poate reprezenta asimptotic printr-o serie

$$X\,(s) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{s^{n+1}}, \qquad (29)$$

atunci ei îi corespunde, pentru valori mici ale timpului, funcția :

$$x\,(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{n}\,t^n, \qquad (30)$$

ceea ce permite evaluarea creșterii funcției de stare în primele momente.

Aplicații

Un sistem dinamic de ordinul doi în repaus, supus impulsului unitar, are ecuația diferențială canonică :

$$\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + 2\,\zeta\omega_n \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + \omega_n^2\,x = \delta\,(t)\,,$$

unde ζ este coeficientul de amortizare și ω_n frecvența de oscilații naturală, condițiile repausului fiind $x = x' = 0$ la $t \leqslant 0$. Aplicînd transformata Laplace rezultă funcția de transfer :

$$Y\,(s) = \frac{1}{\dfrac{s^2}{\omega_n^2} + 2\,\dfrac{\zeta}{\omega_n}\,s + 1} = \frac{1}{P\,(s)}\,;$$

care este normată, primul invariant fiind :

$$Y\,(0) = 1 = \int_0^{\infty} y\,\mathrm{d}t = u\,(\infty)\,.$$

Prima derivată :

$$Y'\,(s) = -\frac{\dfrac{2s}{\omega_n^2} + 2\,\dfrac{\zeta}{\omega_n}}{\left(\dfrac{s^2}{\omega_n^2} + 2\,\dfrac{\zeta}{\omega_n}s + 1\right)^2}$$

este în origine, cu semnul schimbat, al doilea invariant :

$$-\,Y'\,(0) = 2\,\frac{\zeta}{\omega_n} = T = \int_0^{\infty} e\,(t)\,\mathrm{d}t =$$

$$= \int_0^{\infty} [1 - u\,(t)]\,\mathrm{d}t,$$

egal cu constanta de timp areală, diferită de cea obișnuit întrebuințată în automatică.

Rădăcinile polinomului caracteristic $P(s)$ sînt:

$$s_{1,2} = \omega_n(-\zeta \pm \sqrt{\zeta^2 - 1}).$$

Sistemul este critic amortizat cînd $\zeta = 1$ și oscilează cu atît mai mult cu cît $\zeta < 1$.

Sistemul se poate optimiza după criteriile liniare ale erorii, prin minimizarea funcției de transfer, în punctul $s = -1$, care se află în interiorul cercului de convergență, dacă $\zeta\omega_n > 1$,

$$Y(-1) = \frac{1}{\frac{1}{\omega_n^2} - T + 1} < M.$$

Această funcție nu are un minim în funcție de T, dar se poate micșora prin alegerea judicioasă a valorii ω_n și ζ.

Pătrunderea cîmpului de temperatură sau electromagnetic într-un conductor

a) Sub formă de placă cu grosimea de 2 R (tole magnetice) are loc după ecuația parabolică a lui Fourier [7]:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = a\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}.$$

În cazul termic $a = \lambda/\gamma c$, iar electromagnetic $a = (\sigma\mu)^{-1}$. Starea inițială quiscentă $u = 0$ la $t < 0$, condiția de simetrie $u_n'(0) = 0$ în planul din mijlocul plăcii $x = 0$. Aplicînd transformata Laplace ecuației se obține:

$$s\,Y - y\,(+0) = a\frac{d^2Y}{dx^2};\quad y\,(+0) = 0,$$

o ecuație cu derivate ordinare, cu condițiile pe frontiere $U = 1$, impuls unitar la $x = \pm R$ și $U' = 0$ la $x = 0$. Soluția ei este:

$$Y(s,n) = \frac{\operatorname{ch}\sqrt{s/a}\,x}{\operatorname{ch}\sqrt{s/a}\,R},$$

iar în planul median $x = 0$:

$$Y(s,0) = \frac{1}{\operatorname{ch}\sqrt{s/a}\,R} = \frac{1}{\operatorname{ch} u},$$

unde derivata dă:

$$-Y(0,0) = \frac{R^2}{2a}\cdot\frac{\operatorname{sh} u}{u\operatorname{ch}^2 u} = \frac{R^2}{2a} = T$$

constanta de timp, după aplicarea regulii lui Hospital.

b) Sub formă de cilindru rotund cu raza R în condiții similare [17]:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = a\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial y}{\partial r}\right)$$

are soluția transformată în axa cilindrului

$$Y(s)\,y = \frac{1}{I_0\left(R\sqrt{\frac{s}{a}}\right)},$$

unde $I_0(z)$ este funcția Bessel de speța întîi modificată și de ordinul 0. Făcînd calcule similare rezultă [17]:

$$-Y'(0) = \frac{R^2}{4a} = T.$$

c) Pentru sferă în loc de 4 apare 6, astfel că formula generală este:

$$T = \frac{R^2}{2\,ma}\quad m = 1,2,3 \text{ (gradele de libertate)}.$$

Este cu totul remarcabil că, avînd în vedere simetria cu care intervine conductivitatea σ și permeabilitatea μ în parametrul a, *înlocuirea cîmpului magnetic cu cel electric nu modifică valoarea constantei de timp pentru un conductor dat.* Deci efectul pelicular și curenții turbionari pătrund în conductori în condiții identice, cu aceeași constantă de timp.

Rezultate de acest fel se pot obține prin aplicarea consecventă a noilor metode pentru calculul sintetic al fenomenelor tranzitorii.

ANEXA 1

Element de linie RLC de ordinul doi

O linie se reproduce în primă aproximație prin schema elementară din fig. 4, a cărei ecuație diferențială

$$L\frac{di}{dt} + Ri + U_2 = U_1 \tag{1.1}$$

explicitată prin relațiile

$$i = C\frac{du_2}{dt},\quad \frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_2}{dt^2}$$

se scrie pentru intrarea cu impulsul unitar al tensiunii:

$$LC\frac{d^2u}{dt^2} + RC\frac{du_2}{dt} + u_2 = \delta(t). \tag{1.2}$$

Presupunînd sistemul în repaus deci condițiile inițiale $u_2 = u_2' = 0$ la $t \leqslant 0$ polinomul caracteristic, care oferă introducerea unor notații noi, sub forma de constante de timp,

$$P(s) = LCs^2 + RCs + 1 = T_n^2 s^2 + Ts + 1$$

are rădăcinile

$$s_{1,2} = -\frac{1}{2T_1}\left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4T_1}{T}}\right) \tag{1.3}$$

unde s-a mai notat $T_1 = L/R$, constanta de timp a circuitului fără C, după cum $T = RC$ este cea fără L. Regimul critic apare cînd $T = 2T_n = 4\,T$, și factorul de amortizare

$$\zeta = \frac{T}{2T_n} = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{R}{2Z}$$

devine unitar, adică $R = 2Z$, rezistența de două ori valoarea impedanței caracteristice.

Care dintre cele trei constante de timp este cea mai caracteristică rezultă din derivata funcției de transfer anume [18]:

$$Y'(s) = -\frac{P^1(s)}{P^2(s)} = -\frac{2T_n^2 s + T}{P^2(s)} \qquad (1.4.)$$

și care în originea $s = 0$ are valoarea

$$-Y'(0) = T = RC = \int_0^\infty e(t)\,dt, \qquad (1.5)$$

dat fiind că $P(0) = 1$. Deci constanta de timp areală, egală cu aria de sub curba erorii, este T, coeficientul termenului de ordin unu în $P(s)$. Este remarcabil că această arie nu depinde de valoarea inductanței L.

Constanta de timp T_n are legături cu pulsația naturală a sistemului $\omega_n = 1/T_n = (LC)^{-\frac{1}{2}}$, iar pulsația cu care oscilează real este $\omega = T_n^{-1}(1 - T/4\,T_1)^{1/2}$.

Suprareglarea se obține cu aceste date din relația [20]:

$$s = \exp\left[-\pi \frac{T/T_n}{\sqrt{4 - T^2/T_n^2}}\right]. \qquad (1.6)$$

Solodownikov [22] utilizează numai parametrii T_n și ζ în forma canonică a sistemului de ordin doi, dar se vede din relația (1.5) că adevărata constantă de timp a sistemului este T din relația (1.5). Cu cît $\zeta < 1$ sistemul oscilează mai puternic, cu toate acestea T scade, deci în acest domeniu al amortizării T nu mai este un criteriu sigur al stabilității. Pentru acest caz s-au dezvoltat relații specifice care se vor expune într-o altă lucrare.

Bibliografie

[1] *Tihonov, A. N.* și *Samarski, A. A.* Ecuațiile fizicii matematice. București, Ed. tehnică, 1956.

[2] *Rüdenberg, R.* Elektrische Schaltvorgänge. 3 Aufl. Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer V., 1953. Traducere în limba romînă. București, Ed. tehnică, 1959.

[3] *Avramescu, A., Drăgan, G., Adămuț, I.* și *Popa, B.* Izolația stațiilor de înaltă tensiune în lumina normelor naționale, a recomandărilor CEI și a unor experimentări efectuate pe izolatoare. In: Electrotehnica, **10**, nr. 9, sept 1962, p. 335–347.

[4] *Avramescu, A.* Corespondența între fenomenul tranzitoriu și staționar al efectului pelicular. In: Comunicări ale Academiei R.P.R. **8**, nr. 5, 1958, p. 473–478.

[5] *Răduleț, R.* Stirnabflachung rechteckiger Wanderwellen auf Kraftübertragungsleitungen. In: Bull. Math. Phys. Polytechn., București, **9**, nr. 1–3, 1937, p. 95–105.

[6] *Avramescu, A.* O nouă contribuție la calculul efectului pelicular tranzitoriu. In: Comunicări ale Academiei R.P.R. **7**, nr. 1, 1957, p. 65–72.

[7] *Avramescu, A.* Efectul de amortizare a curenților turbionari tranzitorii în miezuri magnetice. In: Comunicări ale Academiei R.P.R. **2**, nr. 4, 1959, p. 337–347.

[8] *Doetsch, G.* Einführung in die Theorie und Anwendung der Laplace-Transformation. Basel, Birkhäuser, V. 1958.

[9] *Gille, I. C., Decaulne P.* și *Pélégrin, M.* Theorie et calcul des asservissements. 2 me éd. Paris, Dunod, 1958. Traducere în limba română. București, Ed. tehnică, 1962.

[10] *Antoniu, I. S.* Chestiuni speciale de electrotehnică. București, Ed. Academiei R.P.R., 1956.

[11] *Angot, A.* Compléments de mathématiques. Éd. IV. Paris, Éd. Rev. Optique, 1961, traducere în limba română. București, Ed. tehnică, 1965.

[12] *Cartianu, Gh.* Modulația de frecvență. București, Ed. Academiei R.P.R., 1958.

[13] *Lewis, I. A. D.* și *Wells, F. H.* Milimicrosecond pulse technics. Londra, Ed. 2, Pergamon Press, 1959.

[14] *Truxall, I. C.* Automatic feedback central system synthesis. New York, McGraw Hill B.C., 1955.

[15] *Newton, G. C., Gould, L. A.* și *Kaiser, I. F.* Analytical design of linear feedback controls. New York, J. Wiley & S., 1957.

[16] *Avramescu, A.* Probleme de difuziune tratate ca procese de transmisie. In: Comunicări ale Academiei R.P.R. **8**, nr. 12, 1958, p. 1331–1341.

[17] *Avramescu, A.* Constanta de timp a efectului pelicular în conductoare cilindrice și tubulare. In: Comunicări ale Academiei R.P.R. **8**, nr. 3, 1958, p. 295–304.

[18] *Avramescu, A.* Contribuții la caracterizarea comportării dinamice a sistemelor automate și de măsură. In: Probleme de automatizare V. București, Ed. Academiei R.P.R., 1963.

[19] *Avramescu, A.* Constanta de timp a fenomenelor tranzitorii. In: Buletinul științific al Academiei R.P.R. Secția 3, **4**, nr. 3–4, 1952, p. 241–249.

[20] *Avramescu, A.* și *Leon, M.* Noi criterii pentru caracterizarea comportării la transfer a sistemelor automate. In: Probleme de automatizare **III**. București. Ed. Academiei R.P.R., 1961, p. 5–24.

[21] *Avramescu, A.* Asupra criteriilor integrale pătratice de optimizare a sistemelor automate. In: Probleme de automatizare **IV**. București, Ed. Academiei R.P.R., 1962.

[22] *Solodownikov W. W.*: Osnovii automaticeskovo reguli-rovanie vol. I, Moscova, Leningrad.
Trad. l. germ Verlag Technik, Berlin, 1959.

Intrat în redacție la 1.II.1965

Tendințe actuale privind construcția turbogeneratoarelor

Vasile Corlățeanu și Aurel Rothman* – București

CZ 621.313.322–81.041.1

În ultimii ani se poate distinge o tendință netă de mărire a puterii unitare a grupurilor turboalternatoare. Această tendință poate fi legată în primul rînd de impetuoasa dezvoltare a producției mondiale de energie electrică în ultimii 30 de ani, dezvoltare care este arătată în tabela 1.

Se observă din tabelă că în decurs de 22 de ani, din 1938 pînă în 1960, perioadă de timp care include și anii celui de-al doilea război mondial, producția mondială de energie a crescut de circa cinci ori. Acestei dezvoltări a producției de energie îi corespunde o creștere a puterii unitare a grupurilor turboalternatoare de la circa 100 MW în 1938 la 550 MW în 1961 [1], [2].

* Prof. dr. ing. *V. Corlățeanu* este specialist la I.S.P.E. iar *A. Rothman* este inginer proiectant la același institut.

Tabela 1

Anul	1938	1954	1956	1958	1959	1960	1962
TWh/an	459	1 360	1 678	1 896	2 140,3	2 357,6	2 697,6
Coeficient de creștere	1	2,96	3,65	4,13	4,66	5,13	5,86

În țările din vestul Europei, spre exemplu, în anul 1958, dintr-un total de 5 268 MW, putere instalată în centralele electrice, 2 545 MW reprezintă puterea grupurilor de 100 MW, 1947 MW puterea grupurilor între 40 și 100 MW, 840 MW puterea grupurilor între 10 și 40 MW și 136 MW puterea grupurilor sub 10 MW.

În Anglia, primul grup de 100 MW, 3 000 rot/min, a fost instalat în 1953, primul grup de 120 MW în 1958 și primul grup de 200 MW în octombrie 1959. Grupurile de 550 MW pe doi arbori au fost comandate în 1958 pentru a intra în funcțiune în 1962—1963, iar grupul de 500 MW pe un singur arbore a fost comandat în 1961 pentru a fi dat în exploatare în 1965. După studii făcute în U.R.S.S., puterea unitară a grupurilor trebuie să atingă 750—1 000 MW în jurul anilor 1975—1978. S-a constatat că există o dependență directă între diametrul rotorului și puterea turboalternatorului. S-a ajuns la concluzia că se pot atinge puteri de 750 MW cu rotoare de 1 250 mm diametru [3], [4].

Uzina „Electrosila", care în 1927 a fabricat primul ei generator de 10 MW, la 3 000 rot/min, a realizat în 1957 un grup de 200 MW și în 1960 a terminat construcția turbogeneratorului de 300 MW care este montat în centrala „Cerepetsk". Printre principalele caracteristici se menționează următoarele:

1) etanșarea rotorului, care este separat în două porțiuni, se face printr-un circuit de ulei independent de circuitul de ulei care presează bucșa de etanșare pe discul rotorului;

2) inelele rotorului au răcire forțată cu aer;

3) circulația de hidrogen este asigurată de două ventilatoare axiale montate în interiorul generatorului. S-a adoptat un sistem radial de ventilație prin absorbție. Presiunea hidrogenului este de 4 ata.

Între 1961 și 1965 sînt prevăzute să se instaleze 80 grupuri de 100 MW, 150 grupuri de 200 MW și 39 grupuri de 300 MW [5], [8].

În S.U.A., în 1962—1963, s-au instalat grupuri cross — compound de 450 și 500 MW, iar în 1963 două grupuri de 650 MW în centrala „Paradise". Sînt în construcție grupuri de 800/950 MW și un grup de 1 000 MW pentru centrala „Revenswood".

Progresul tehnic poate fi mai bine evidențiat prin compararea puterilor care au putut fi obținute în trei etape diferite utilizînd generatoare cu dimensiuni similare.

În tabela 2 se arată această evoluție pentru grupuri construite de „General Electric Co" (S.U.A.).

Tabela 2

Anul de fabricație	Tipul de răcire folosit	Puterea maximă a grupului, MVA	Raportul pe scurt circuit
1936	aer	50	0,9
1948	hidrogen 2,1 at	90	0,64
1957	stator răcit cu apă, rotor răcit cu hidrogen 3,2 at	240	0,58

Se consideră că, prin folosirea construcției monobloc a statorului și a răcitoarelor verticale, se pot obține mașini cu puteri de 192 MVA, folosind răcirea indirectă, și 384 MVA la răcirea interioară cu lichid. Dacă se utilizează rotoare montate pe carcasă, valorile asociate sînt de 212, respectiv 448 MVA, și în fine dacă, menținîndu-se răcitorul vertical, se subdivizează statorul, se pot atinge valorile de 224, respectiv 512 MVA [9], [10].

În Franța, după introducerea „tranșei" de 250 MW, se lucrează la grupuri de 600 MW, primele două unități urmînd a fi montate în centrala „Porcheville" [11], [12].

În Italia, după ce în 1961 s-a instalat în centrala „La Spezia" un grup cross — compound de 320 MW, se prevede ca, în 1966, în aceeași centrală să se instaleze grupuri de 600 MW.

În R.F.G., Japonia, Canada și Australia se instalează grupuri de 300 MW.

Astfel de grupuri sînt în proiectare sau în curs de instalare și în R.S.C., R.P.P. și R.P.R

1. Considerații constructive legate de dezvoltarea unor mari generatoare

Generatoarele mari care se construiesc în prezent au ca factori limitativi greutatea, volumul și condițiile tehnologice legate de confecționarea prin forjare a rotorului.

Progresele recente făcute prin construcția unor unități de mare putere pot fi mai bine evidențiate prin cercetarea așa-numitei cifre de utilizare caracteristice:

$$C = \frac{S}{D^2 \cdot l \cdot n},$$

unde:

S este puterea, kVA; D — diametrul, m; l — lungimea, m; n — turația, rot/min.

Variația acestei cifre caracteristice este arătată în figura 1, din care se observă că, în decursul ultimilor 15 ani, cifra caracteristică a

crescut de peste trei ori, atingînd în prezent valoarea de circa 23 kVA — min/m³ [2]. În legătură cu aceasta trebuie să se releve micșorarea gabaritelor pentru aceeași putere instalată, ceea ce a permis ca să se instaleze generatoare de puteri mult mai mari cu o creștere foarte redusă a gabaritelor. Turboal-

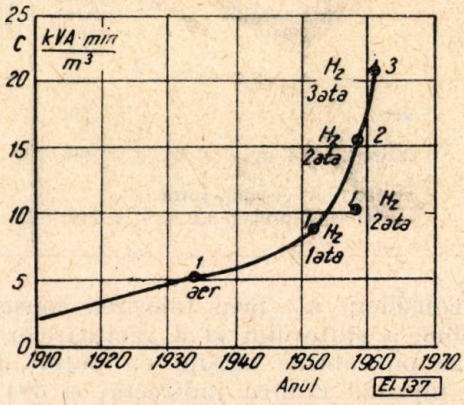


Fig. 1. Cifra de utilizare caracteristică C a turbogeneratoarelor:

1 — răcire indirectă a statorului și rotorului; *2* — răcire directă a rotorului și indirectă a statorului; *3* — răcire directă a statorului și rotorului.

ternatorul de 50 MW, instalat la Paroșeni * acum peste 10 ani, are o lungime de 22 m (circa 10 m generator); cel de 150 MW instalat în 1963 are o lungime de 27 m (circa 12,5 m generatorul), iar cel de 200 MW care se va instala în centrala Luduș, o lungime de circa 32 m (din care generatorul circa 16 m). Reducerea gabaritelor a putut fi obținută, pe de o parte, pe baza progresului tehnic, iar pe de altă parte, ca urmare a creșterii gradului de interconexiune care permite să nu se mai fragmenteze puterea instalată pentru a evita riscuri de indisponibilitate a puterii; cu alte cuvinte, creșterea puterii sistemului interconectat permite să se instaleze grupuri cu puteri unitare mai mari, sistemul putînd face față sarcinii și în condițiile unei avarii la o astfel de unitate. Se apreciază că puterea unității celei mai mari din sistem nu trebuie să depășească 10% din puterea sistemului.

Trebuie menționat de asemenea că, prin introducerea tolelor cu cristale orientate și prin utilizarea sistemului direct de răcire cu hidrogen și cu apă, s-a putut ameliora și randamentul alternatoarelor.

Tolele magnetice care se fabrică azi prezintă, la o inducție de 10 000 gauși, o pierdere de 0,6 W/kg** [1], [3], [4]. Tolele cu cristale orientate permit reducerea și mai mult a acestor pierderi, însă repartiția regulată a acestor tole în interiorul mașinii este relativ dificilă, datorită apariției unor zone unde cîmpul magnetic, prin însăși geometria circuitului magnetic, nu poate avea aceeași direcție cu cristalele.

Folosirea tolelor este interesantă dacă orientarea cea mai favorabilă este aplicată părții din spate a tolelor, unde pierderile sînt mai ridicate; nu este însă posibil să se beneficieze de ameliorarea permeabilității, deoarece înălțimea minimă a spatelui tolei este limitată de amplitudinile deformațiilor masei statorice datorite atracției magnetice în întrefier.

Totuși rezultatele obținute practic prin utilizarea tolelor cu cristale orientate sînt satisfăcătoare și justifică prețul ceva mai ridicat. În privința metodei de confecționare a rotorului, de cîțiva ani a fost introdus procedeul de turnare în vid care elimină combinarea metalului cu hidrogenul sau oxigenul și deci evită fisurarea rotorului. Tehnologia actuală permite fabricarea unor blocuri de 150 t, din care se pot realiza rotoare de 80 t. Recent în S.U.A. a fost forjat un rotor de 125 t dintr-un lingou de 240 t.

Oțelul rotorului conține carbon, nichel, crom, molibden, mangan, siliciu și urme de vanadiu. Caracteristicile mecanice ale acestui material sînt: rezistența la rupere 70 kg/mm², limita de elasticitate 58 kg/mm², alungirea 17%. Cu aceste caracteristici se pot atinge viteze periferice de 220 m/s. Pentru confecționarea bandajelor se folosește un oțel cu mangan, crom și nichel, avînd o rezistență la rupere mărită, adică circa 100 kg/mm².

Piesele de închidere a crestăturilor în care sînt plasate bobinele sînt, în general, din bronz și aliaj de aluminiu. Calitatea materialelor de care se poate dispune în prezent permite cu suficientă garanție să se adopte pentru rotoare un diametru de 1 250 mm și o lungime liberă de suspensie de 7,5 m. Este necesar încă de la prelucrare să se facă o echilibrare perfectă a rotorului pentru a evita vibrațiile și, de asemenea, trebuie determinate cu precizie vitezele critice. De cîțiva ani, calculatoarele analogice și machetele de plastic au permis să se predetermine cu multă precizie vitezele critice ale rotoarelor, iar vibrometrele electrice și electronice au mărit considerabil precizia echilibrajului [1], [13]. Alternatoarele de mare putere funcționează cu o viteză cuprinsă între a doua și a treia viteză critică.

Pentru a obține o echilibrare favorabilă cuzinetii de reazem se dispun pe rondele mai mult sau mai puțin elastice, în funcție de calculele și rezultatele relative la viteza critică a ansamblului turboalternator. Cercetările efectuate în ultimul timp au dezvăluit existența unor solicitări longitudinale ale fretelor terminale datorită dilatării conductoarelor sub efectul solicitărilor termice. Dacă în urma unui șoc pe o anumită porțiune a rotorului fasci-

* De construcție sovietică.

** ETZ-A, nr. 17, 1959. La începutul anului 1960, pierderile tolelor magnetice cu siliciu, laminate la cald, atingeau 0,75 W/kg.

culul de conductoare alunecă în raport cu masa rotorului, solicitarea datorită tracțiunii dispare și rotorul se înconvoaie după generatoarea respectivă. Prevăzîndu-se un strat suplimentar de izolație din teflon, s-a reușit să se micșoreze coeficientul de frecare și să se permită o dilatare liberă a conductoarelor, așa încît dispar efectele de variație a nivelului de vibrații.

Vibrațiile rotoarelor prezintă totdeauna o componentă de frecvență dublă care nu poate fi echilibrată și care este datorită faptului că rotorul este mult mai rigid după axa transversală. Pentru a se egaliza momentele de inerție după cele două axe se practică anumite creneluri longitudinale pe generatoarea axei transversale. O altă perfecționare menită să ușureze problemele de echilibrare este legată de modul de fixare a fretajelor de reținere ale capetelor bobinelor rotorice.

În mașinile moderne, aceste fretaje nu mai sînt fixate la capetele arborelui, ci numai printr-o prindere centrală la extremitatea rotorului, capetele fiind libere și putînd urmări linia lor elastică.

Pentru a evacua căldura ce apare la inelele de alimentare ale înfășurării de pe rotor, datorită trecerii unor curenți care ating și chiar depășesc 2 000 A, se prevede un ventilator elicoidal.

Statorul e format dintr-o carcasă de care sînt prinse printr-o legătură elastică pachetele de tole. La turboalternatoarele la care dimensiunile și greutatea statorului depășesc posibilitățile de transport, limitate în prezent la circa 200—220 t, circuitul magnetic și bobina-

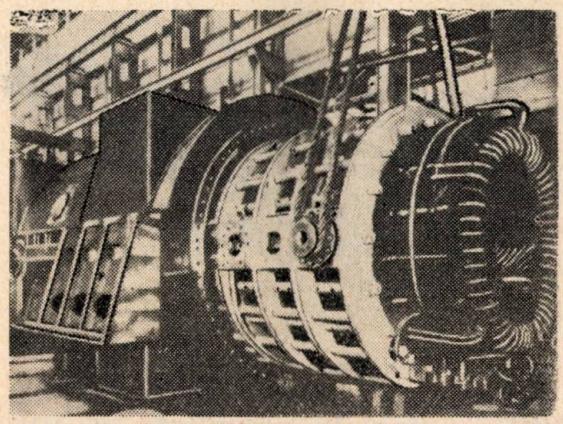


Fig. 2. Stator formînd o carcasă ușor transportabilă.

jele se solidarizează la o carcasă ușoară construită din bare cu antretoaze, care formează un ansamblu ușor transportabil (fig. 2). Carcasa exterioară poate fi în acest caz fracționată după necesitate. Între cele două carcase se montează resorturi plate, fixate pe ambele carcase, pentru amortizarea vibrațiilor. Dacă greutatea statorului alternatoarelor de 60 MW fabricate în Anglia era de circa 125 t, pentru grupul de 120 MW, greutatea respectivă era de 140 t, în timp ce pentru grupul de 500 MW cea mai grea piesă nu va întrece 200 t.

Carcasa este prevăzută, pentru micșorarea scăpărilor de gaz, cu două lagăre de etanșeitate. Sistemul de etanșare poate fi realizat

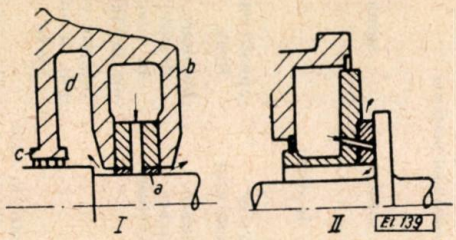


Fig. 3. Sistemul de etanșare a generatorului :
I — construcție radială ; *II* — construcție axială ; *a* — inel de etanșare ; *b* — carcasă ; *c* — colier de etanșare ; *d* — anticameră.

sub formă radială sau axială (fig. 3). Lagărul este format dintr-un inel de antifricțiune care înconjoară arborele și care este amplasat într-o deschizătură circulară umplută cu ulei la o presiune mai mare decît cea a hidrogenului.

Conferința pentru modernizarea echipamentului din sistemele energetice și introducerea unor grupuri de 150—200 MW, din U.R.S.S. [6], a ajuns, printre altele, la concluzia necesității măririi presiunii hidrogenului pînă la 3 at și la dezvoltarea unui nou tip de lagăr de etanșare [7], [14], format din două camere și care prezintă pierderi mai mici de ulei și permite menținerea hidrogenului cu un grad mai înalt de puritate. În acest sens au fost modificate circa 50 de turbogeneratoare de 50 și 100 MW pentru a funcționa cu lagăre de presiune în loc de lagăre tip inelar.

În prezent, pe baza unei practici generalizate, înfășurarea statorică este realizată cu cîte două bare izolate pe crestătură, iar o fază se obține prin cuplarea a patru căi în paralel. În privința izolației s-au introdus lacuri speciale sau emailuri izolante, ceea ce permite o dublare a conductibilității termice, o micșorare a gradientului de temperatură și o micșorare a dimensiunilor. Etapele progresului tehnic în materie de izolație pentru generatoare sînt marcate prin următoarele trepte :

— utilizarea izolației pe bază de foi de mică compoundate, de tip micanit sau micafoliu :

— utilizarea hîrtiei de mică tip samica, isomica etc ;

— utilizarea izolației de mică în combinație cu rășini sintetice epoxidice sau poliesterice ;

— perfecționarea produselor duroplaste (rășini sintetice) în combinație cu mică și hîrtie de sticlă, utilizînd drept suport benzi de fibră de sticlă (izolație de tip termoelastic, micapal, orlitsa etc.). În tabelele 3 și 4 se prezintă o

Tabela 3

Privire de sinteză asupra procedeelor de construcții și asamblare a izolației barelor generatoarelor

Procedeul de izolație	Învelig continuu pe partea dreaptă a conductorului Bobinarea capului înfășurării		Bobinajul continuu al părții drepte și al capătului bobinelor				
Materialul pentru izolație	samicafoliu, benzi de asfalt și mică	micafoliu benzi de mică	samica pe suport de hîrtie japoneză sau mătase de sticlă cu bandă poroasă	micanit	plăci de mică	samica	samica	material de mică și plăci de mică
			pe benzi de mătase de sticlă					
Material de legătură	epoxid	epoxid	epoxid modificat	epoxid	poliester nesaturat	poliester nesaturat	epoxid modificat	epoxid poliester
Procedeul de construcție	bobinarea părților drepte cu samica sau micafoliu		bobinare	bobinare	bobinare	bobinare, degazare în vacuum	bobinare, degazare în vacuum	bobinare, degazare în vacuum
	izolarea prin bandajarea capetelor bobinelor		impregnare	impregnare	impregnare		presare inițială întărire cu asfalt în autoclave	presare inițială întărire în autoclave
	presarea la cald		presare la cald	presare la cald	presare la cald	presare la cald		
Denumirea comercială	orlitsa	epotherm	emorlit	epotherm	thermolastic	thermodel	izotenax	micapal
Țara care a aplicat procedeul	Elveția	R.F.G.	Elveția	R.F.G.	S.U.A. și R.F.G	Franța	Franța	S.U.A.

sinteză a procedeelor de construcție și asamblare a izolației și clasificarea lor după procedeele continue și discontinue de izolare [15].

2. Sistemul de răcire a alternatoarelor

Progresul alternatoarelor poate fi mult legat de sistemul de răcire [16], [17], [18], [19]. În 1924, limita alternatoarelor cu o turație de 3 000 rot/min răcite cu aer era de 25 MW, și în 1961 această limită a crescut în Europa la 50 — 60 MW. Prin introducerea răcirii cu hidrogen, posibilitatea de a realiza unități de 60 MW s-a ușurat și au putut fi realizate și grupuri de 100 MW. De la această putere în sus problemele care rămîneau de rezolvat în legătură cu răcirea alternatoarelor erau legate în special de răcirea statorului.

Se va folosi în cele ce urmează următoarea terminologie : — răcire indirectă sau exterioară, în care mediul de răcire (aer sau hidrogen) circulă în parte la suprafața exterioară a rotorului sau statorului spre întrefier și în parte urmează un traseu axial, fiind injectat la capetele rotorului și eliminat în întrefier spre mijloc ; circulația în interiorul rotorului este asigurată prin conducte longitudinale practicate în masa rotorului. Acest tip de răcire se mai numește răcire exterioară, deoarece conductoarele sînt răcite prin spălare superficială ;

— răcire directă sau interioară, în care conductoarele sînt parcurse de mediul de răcire (hidrogen, ulei sau apă) prin canale practicate în conductor și avînd diferite forme.

Introducînd răcirea interioară cu circulație fortată de hidrogen la presiuni pînă la 3 at și introducînd și medii lichide (apă, ulei) de

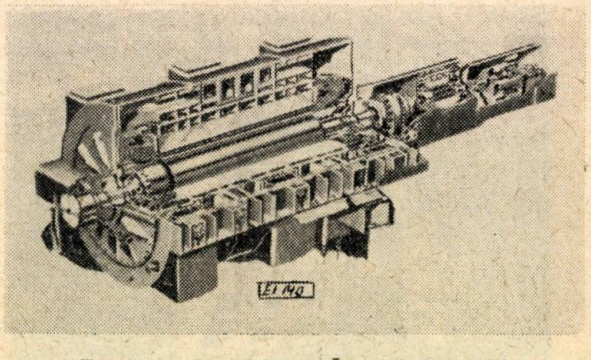


Fig. 4. Secțiune printr-un grup de 500 MW.

răcire, s-a ajuns la grupurile de 500 MW instalate în prezent (fig. 4), cu perspective, așa cum se va arăta, de a se spori puterea unitară a grupului la valori în jurul a 1 000 MW*.

* Trebuie relevat că, încă din 1904, statorul a două generatoare de 500 kW a fost răcit cu apă care trecea prin țevi de Cu. În 1914 au fost construite grupuri de 11 MW, 2 400 rot/min, cu rotorul răcit cu apă, circulînd printr-o țeavă. Acest proiect a fost aplicat și la grupuri de 15 MW [3].

Tabela 4

Privire de sinteză asupra procedeelor discontinue și continue de izolare

Materialul de izolare	Procedee de izolare discontinue			Procedee de izolare continue	
	micafoliu cu șelac sau samicafoliu	micafoliu cu asfalt sau samicafoliu	micafoliu cu rășini epoxidice sau samicafoliu	benzi de mică cu asfalt	mică și rășini sintetice și benzi de samica
	Izolație cu bune calități electrice și mecanice cu bună rezistență la compresiune, barele pot fi montate fără joc în crestături, preț relativ redus				
Avantaje	bună posibilitate de prelucrare, înfășurare trainică și compactă	pierderi dielectrice mici care depind puțin de temperatură și tensiune; la temperaturi mari izolația este flexibilă; rezistență bună la efect Corona	stabilitate excepțională a formei la temperatura de exploatare	solicitarea provocată de diferența coeficienților de dilatare termică nu este aplicată zonei de trecere bandă-metal, ci se repartizează pe toată înfășurarea; posibilitatea izolării barelor de orice lungime, izolație omogenă, rezistența la acțiunea apei, izolație electrică excepțională la orice tensiune și temperatură	
					stabilitate foarte bună la temperatura de exploatare
Dezavantaje	anumite dificultăți de a realiza o trecere flexibilă între izolația părții drepte (din ancoșă) din micafoliu și izolația părților curbate realizată cu benzi, din care cauză a apărut obligația de a lungi partea dreaptă; prelucrarea foarte complicată la bare lungi			bobinele trebuie impregnate în autoclave sub vacuum și presiune; preț mare	
	tendința de umflare a pachetului de tole în golurile de aerisire și spre ieșiri; schimbarea micii sub influența schimbărilor de temperatură		trebuie să fie bobinat în stare caldă, bobinele trebuie presate cîteva ore	tendința migrării micii sub influența schimbărilor de temperatură	necesitatea ca izolația părților curbate să fie presată într-o formă (matriță)
	în stare caldă pierderi dielectrice mari rezistență slabă la efect Corona și afinitate pentru umezeală	o prelucrare destul de grea			
Domeniul de folosire	izolația mașinilor de toate tipurile cu tensiunea pînă la 10 kV	pentru mașini cu tensiune înaltă, cu o lungime a pachetului de tole de circa 4 m	pentru orice tip de mașini pînă la o lungime a pachetului de tole de circa 4 m	pentru mașini de orice tip (în Europa, în special, pentru mașini foarte mari)	pentru mașini de orice tip (procedeul thermolastic a fost utilizat de Westinghouse)

Treptele evoluției pe linia perfecționării sistemului de răcire marchează creșterea cu 20% a puterii grupului la introducerea răcirii cu hidrogen a rotorului cu suprapresiunea de 0,035 ata. Prin introducerea suprapresiunii de 1 ata, limita obținută a putut fi dublată; introducîndu-se apoi răcirea directă a rotorului și mărindu-se și suprapresiunea la 2 ata s-a mai putut spori puterea cu 15% și atinge valoarea de 150 MW **.

În continuare, perfecționările nu au putut fi obținute decît perfecționînd răcirea statorului. În prezent se consideră că, folosind spre exemplu sistemul indirect de răcire, se poate atinge limita de 200 MW. Există pe de altă parte indicii că factorii economici pledează pentru adaptarea răcirii cu hidrogen la grupuri chiar de 20 MW. Domeniul economic și tehnic al diferitelor sisteme de răcire este arătat în tabela 5 [17].

În privința rotorului, sistemele de răcire directă sînt mai simple decît pentru statoare, deoarece forma conductoarelor și a crestăturilor permite să se practice, între conductor și izolație sau pe fundul crestăturii, canale axiale de ventilație, care se pot descărca în canale radiale situate spre partea mijlocie a rotorului. Sistemele de răcire utilizate sînt arătate în figura 5 *a*,*b*,*c*.

Rotorul mașinilor moderne are o răcire directă cu hidrogen, adică în care gazul circulă prin interiorul conductoarelor. În figura 5 *d* și *e* se arată sistemul modern de realizare a răcirii directe a masei rotoarelor.

** Această creștere cu 15% a puterii corespunde menținerii unui factor de putere constant, spre exemplu $\cos\varphi = 0{,}8$. Dacă se menține puterea activă constantă, se poate spori puterea reactivă, deci se poate obține factorul de putere 0,7 în loc de 0,8 [1].

Tabela 5

Puterile limită și indicii de utilizare a materialului pentru diferite sisteme de răcire a turboalternatoarelor

Puterea, MVA		0 – 50	50 – 100	100 – 200	200 – 400	500 – 1 000
Sistemul economic de răcire	înfășurarea statorică	cu aer în sistem indirect	cu H_2 indirect	H_2 indirect	H_2 H_2O direct ulei	H_2O ulei direct
	rotor			H_2 direct	H_2 direct	H_2O direct
Limita tehnică a puterii care poate fi atinsă cu sistemul de răcire indicat mai sus, MVA		70	200	400	500	1 000
Indicele specific de material, m^3/MVA		0,2 – 0,3	0,15	0,12	0,08	–

Răcirea directă a rotorului poate fi realizată adoptînd canale de diferite forme, cum ar fi

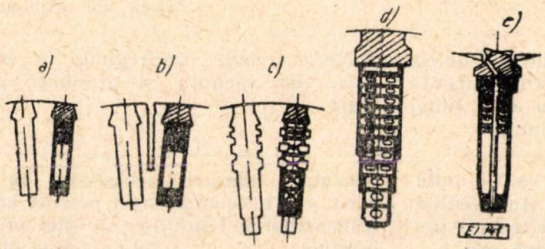


Fig. 5. Diferite sisteme de răcire a rotorului :

a – normală (cu aer sau hidrogen) ; *b* – cu răcire internă cu hidrogen a dinților (părților frontale ale crestăturilor) ; *c* – cu răcire superficială cu hidrogen a conductoarelor ; *d* – cu răcire internă cu hidrogen a conductoarelor ; *e* – cu răcire internă cu hidrogen a conductoarelor și cu canal radial.

canale practicate între două conductoare, canale în interiorul conductorului sau canale la partea exterioară a unui conductor (fig. 6).

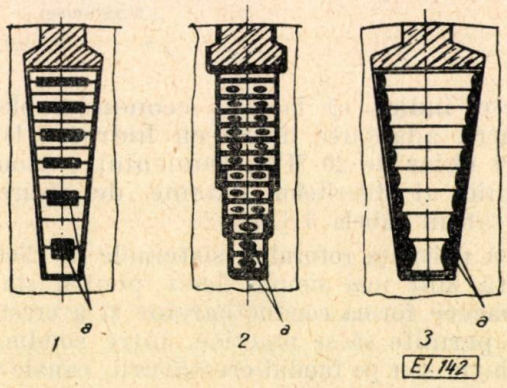


Fig. 6. Tipuri diferite de canale practicate în secțiunea conductorului :

1 – canale între două conductoare ; *2* – canale în interiorul unui conductor ; *3* – canale la partea exterioară a conductorului.

Raportul dintre secțiunea canalelor și a conductoarelor este de 35 – 45%. Mărirea presiunii hidrogenului peste 3 ata nu mai aduce avantaje, datorită pierderilor de frecare și pierderilor foarte mari de hidrogen.

Viteza hidrogenului asigurată de compresoare este de 20 – 40 m/s. Pentru a proteja compresorul de solicitări prea mari, lungimea conductoarelor se subdivide în diferite secțiuni, așa cum se arată în figura 7. În acest caz, în conductoare se practică găuri distribuite pe lungimea conductorului. La fiecare capăt,

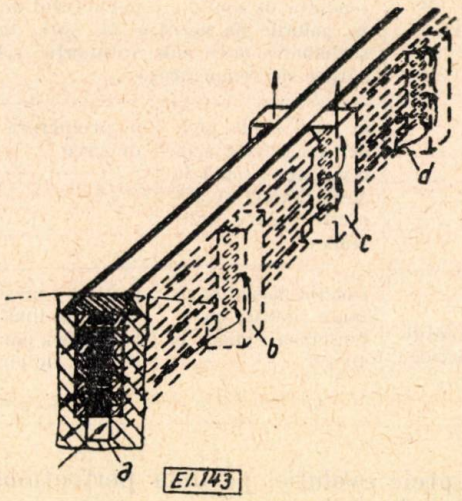


Fig. 7. Crestătura unui rotor cu răcire directă cu hidrogen :

a – canal principal la baza crestăturii pentru conducerea gazului la canalele radiale ; *b* – canale radiale pentru repartizarea gazului la fiecare conductor individual ; *c* – canale radiale cu ferestre la periferia rotorului pentru evacuarea gazului încălzit.

gazul intră în niște subcanale care se află sub înfășurări și din aceste canale, prin legăturile radiale, este descărcat la suprafață, adică spre întrefierul rotorului.

În timp ce corpul rotorului este răcit radial, capetele înfășurărilor sînt răcite axial.

În S.U.A. se utilizează așa-numitul sistem de captare a gazului din întrefier. În acest sistem se prevăd o serie de drumuri paralele de gaz, care permit intrarea și ieșirea gazului în porțiunea spre întrefier. Orificiile de intrare și ieșire a gazului prevăzute la suprafața spre întrefier a rotorului sînt astfel realizate, încît mișcarea motorului să provoace un curent

care să favorizeze circulația gazului în sensul dorit [4], [19].

Progresele recente obținute în domeniul răcirii turboalternatoarelor mari pot fi considerate ca fiind o consecință a introducerii răcirii directe cu hidrogen și, în ultimul timp, și cu apă a înfășurărilor statorului. Practica actuală în materie de sisteme de răcire a generatorului, adoptată spre exemplu de firma Brown Boveri, este ilustrată în figura 8.

În aplicarea răcirii interioare a statorului, tensiunea mare la care lucrează înfășurarea

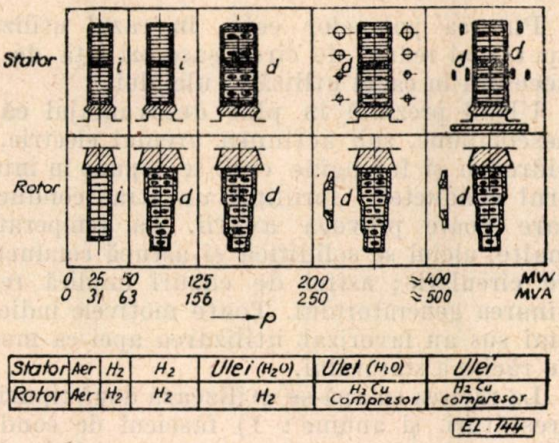


Fig. 8. Sistemul de răcire a turbogeneratoarelor de mare putere fabricate de Brown Boveri.

implică ca intrările și ieșirile conductoarelor să fie aplicate numai la capete și aceasta duce la conducte de răcire lungi, traseul fiind în medie de cîteva ori mai mare decît cel al rotorului. Dacă se utilizează hidrogen, care are o capacitate termică limitată, se impun viteze mari de trecere și compresoare puternice în mai multe trepte.

Rezolvarea acestor probleme a fost obținută prevăzîndu-se tuburi de material magnetic cu o rezistivitate ridicată care se intercalează între fasciculele conductoare (fig. 9).

Mult mai eficace pare a fi sistemul de răcire care utilizează conductoare statorice tubulare prin care circulă un lichid cu mare capacitate

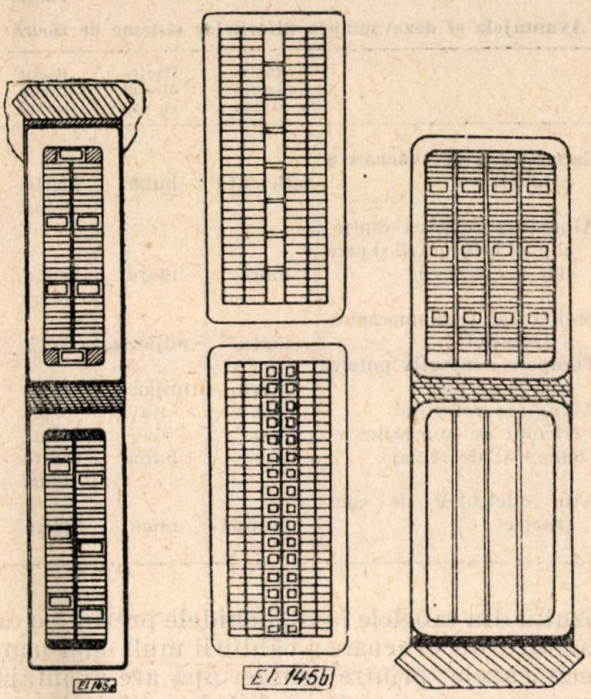


Fig. 9. Diferite sisteme de răcire interioară a înfășurării statorului.

termică (ulei sau apă amestecată cu aditivi necorosivi). Utilizarea apei ca mediu de răcire a statorului nu numai că simplifică sistemul de răcire, ci, datorită unei curgeri turbulente, apa are practic aceeași temperatură cu înfășurarea de cupru și permite performanțe excelente în evacuarea căldurii, dînd posibilitatea menținerii unor temperaturi scăzute chiar și în cazul unor curenți foarte mari (tabela 6).

Construcția reprezentată în figura 9 a fost aplicată de Brown Boveri la turbogeneratoarele livrate în S.U.A., pentru Los Angeles.

Tabela 6

Proprietățile de răcire a diferitelor medii

Mediul de răcire	Căldura specifică raportată la cea a aerului la 1 ata	Greutatea specifică raportată la cea a aerului la 1 ata	Viteza de circulație raportată la cea a aerului	Valoarea aproximativă a capacității de evacuare a căldurii raportată la cea a aerului	Cifra caracteristică de transmitere a căldurii raportată la aer
Aer	1	1	1 (40 m/s)	1	1
Hidrogen de 1,035 ata	14,3	0,07	1	1	1,55
Hidrogen la 2 ata	14,3	0,14	1	2	2,6
Hidrogen la 3 ata	14,3	0,21	1	3	3,57
Hidrogen la 4 ata	14,3	0,28	1	4	4,14
Ulei	2,09	848	0,05 (2 m/s)	90	2,7
Apă	4,16	1 000	0,05	200	12

În tabela 7 se arată avantajele și dezavantajele diferitelor sisteme de răcire din punctele de vedere menționate în tabelă. După cum

Tabela 7

Avantajele și dezavantajele diferitelor sisteme de răcire

	Răcire directă cu gaz	Răcire directă cu ulei	Răcire directă cu apă
Capacitatea de evacuare a căldurii	suficientă	bună	foarte bună
Alungirea relativă dintre cuprul înfășurării și peretele crestăturii	mare	mare	foarte mare
Solicitarea termomecanică a izolației	mare	mijlocie	mică
Pompele, respectiv puterea compresorului	mare	mijlocie	mică
Alungirea rotorului	da	nu	nu
Pericolul de murdărire	nu	da	nu
Domeniul de reglaj	nu	bună	foarte bună
Alte cheltuieli de construcție	nici una	mică	mică

rezultă din tabelele 7 și 8, lichidele prezintă o capacitate de evacuare a căldurii mult mai mare decît gazele; printre lichide, apa are avantajul unui domeniu mai favorabil de reglaj al temperaturii și se murdărește mai puțin. Randamentele mașinilor răcite cu apă depășesc 98,5%, iar repartiția temperaturii înfășurărilor răcite cu apă este mult mai favorabilă decît

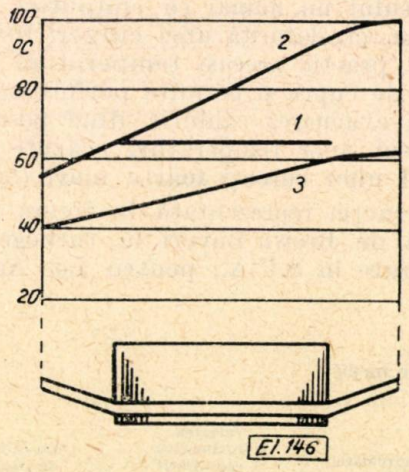


Fig. 10. Repartizarea axială a temperaturii în înfășurările turbogeneratoarelor cu răcire directă :

1 — temperatura în masa de fier; *2* — temperatura înfășurării la răcire directă cu gaz; *3* — temperatura înfășurării la răcire directă cu apă.

la generatoarele al căror stator este răcit cu gaz (fig. 10) [18].

Solicitarea termică a înfășurărilor în punctul cel mai cald, și anume acela în care pachetul de tole se termină și înfășurarea de cupru are temperatura maximă, este indicată în tabela 8 [2], [17].

Tabela 8

Solicitarea termică a izolației statorului la generatoare cu răcire directă

Felul răcirii	Temperatura, °C, pentru :			
	cuprul înfășurărilor	mediul de răcire		masa de fier* a statorului
		cald	rece	
Răcire directă cu gaz	98	80	40	65
Răcire directă cu ulei	90	79	60	65
Răcire directă cu apă	60	60	40	65

* Masa este răcită cu gaz, a cărui temperatură variază între 60 și 40°C.

Puterea pompelor este, în cazul utilizării apei, mai redusă de circa șase ori față de cea necesară în cazul utilizării uleiului.

Uleiul prezintă în plus dezavantajul că se descompune, sub acțiunea arcului electric, în hidrogen și funingine care se depune în interiorul conductelor formînd un strat conductor care poate provoca avarii. La temperaturi înalte, uleiul se solidifică și astupă conductele de circulație; astfel de cazuri implică rebobinarea generatorului. Toate motivele indicate mai sus au favorizat utilizarea apei ca mediu de răcire a statorului.

La răcirea cu apă se utilizează două tipuri de crestături, și anume : 1) fascicul de conductoare cu canale de răcire separate, și 2) fascicul de conductoare cu canal practicat în fiecare conductor (fig. 11). În acest ultim caz, bobinele sînt formate din mai multe conductoare

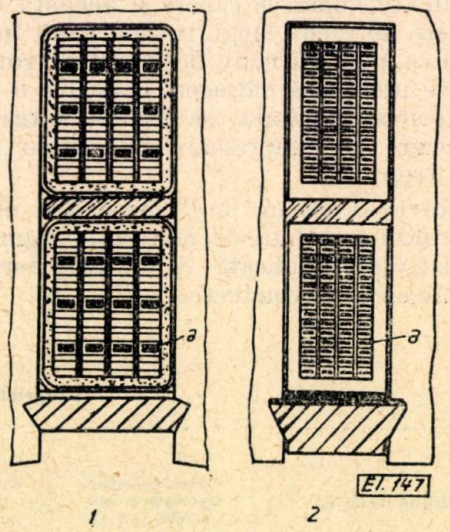


Fig. 11. Crestături pentru un stator răcit cu apă :

1 — canale separate; *2* — canale în fiecare conductor

legate în paralel și care prezintă unele față de altele un strat subțire de izolație [3], [4], [16].

Conductoarele care formează un fascicul sînt transpuse așa încît fiecare conductor de formă tubulară ocupă, pentru o lungime dată, toate pozițiile. Această transpunere asigură o repar-

tiție uniformă a curentului și reduce la minimum pierderile prin curenți Foucault.

Conductoarele tubulare sînt din cupru electrolitic cu un grad foarte precis de prelucrare.

Toleranțele admise sînt de o zecime de milimetru la lățime și de 15 sutimi de milimetru la înălțime.

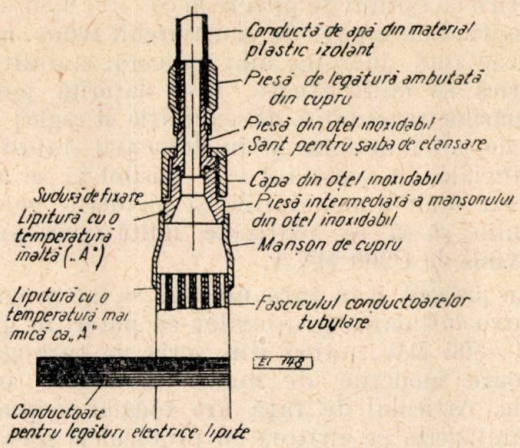


Fig. 12. Legături terminale ale bobinajului statoric răcit cu un lichid.

Fiecare conductor tubular este încercat la o presiune de 28 ata pentru a se pune în evidență orice imperfecțiune inițială.

Conductele comune de ducere și întoarcere a lichidului pot fi realizate la ambele capete ale înfășurării sau la o singură parte.

Legătura acestor conducte făcînd corp comun cu conductoarele se face cu racorduri flexibile din material plastic izolant, cum ar fi teflonul etc. În figura 12 se arată în mod detaliat capătul fasciculului și se poate observa racordul în tub plastic pentru introducerea apei de răcire care are o conductivitate de 5—10 $\mu S/cm^3$.

Pentru a menține conductivitatea la o valoare redusă se utilizează schimbătoare ionice ca și pentru circuitele de preparare a apei pentru cazane. Pentru ca eventualele etanșări în sistemul de răcire să nu poată răspîndi apa în înfășurări, presiunea hidrogenului este superioară celei a apei. Prezența hidrogenului în apă constituie de altfel indiciul unor neetanșeități în sistemul de răcire. O protecție adițională a înfășurărilor se obține prin utilizarea unei izolații cu cauciuc și siliciu.

S-a căutat în plus să se realizeze și o răcire directă a pachetului de tole. În acest scop se prevăd fie țevi izolate în blocul pachetului de tole, fie se răcește pachetul de tole din vecinătatea întrefierului prin circulație de ulei; în acest ultim caz, partea spre întrefier formează un cilindru etanș.

În alte dispoziții constructive, unul dintre capetele conductoarelor străbătute de canale pentru apă este racordat la sistemul de răcire cu apă, iar celălalt capăt la o structură metalică inelară cu ramificații. Această structură este izolată pentru a permite măsurarea rezistenței înfășurărilor, dar în mod normal structura este legată la pămînt.

Acest tip de construcție este adoptat în S.U.A. și folosește ca medii de răcire fie ulei, fie apă. Într-un alt sistem constructiv adoptat în Anglia se evită conexiunile individuale la fiecare conductor prin prevederea unui inel comun din rășină epoxidică, care colectează conductoarele unei jumătăți de fază. Există deci șase astfel de inele avînd între ele distanțe adecvate cu tensiunea dintre faze. Legăturile dintre bobina superioară și cea inferioară a înfășurării sînt efectuate prin cleme amplasate în interiorul acestor inele. Alimentarea cu apă se face prin conductoare de ieșire și izolatoare de trecere, oferind în acest fel o răcire și a acestor elemente. Conexiunile exterioare ale apei trec prin tuburi din material izolant. Astfel de construcții au fost utilizate cu bune rezultate la grupuri de 60 MW și, în prezent, extinse la grupuri de 200 MW.

Pentru a reduce numărul conexiunilor de la sistemul de răcire la stator se folosesc, de asemenea, fascicule de trei conductoare formate dintr-un tub dreptunghiular de cupru, împletit cu alte două conductoare de cupru, formînd un ansamblu cu o transpunere clasică. Apa este introdusă prin izolatoare de trecere cu canal interior atît la capătul fazei, cît și la capătul spre neutru, și este extrasă prin derivații practicate în partea centrală a înfășurării prin intermediul unor țevi de cupru izolate și al unor mici izolatoare.

În exterior se prevăd coloane rezistente. În acest sistem sînt numai 12 trasee de apă în paralel și apa circulă în serie printr-un număr dat de conductoare.

Mărirea puterii grupurilor peste 500 MVA se poate obține nu numai printr-o răcire cu apă a statorului, ci, așa cum s-a arătat anterior, printr-o ameliorare a circulației de gaz prin rotor, folosind spre exemplu crestătura de

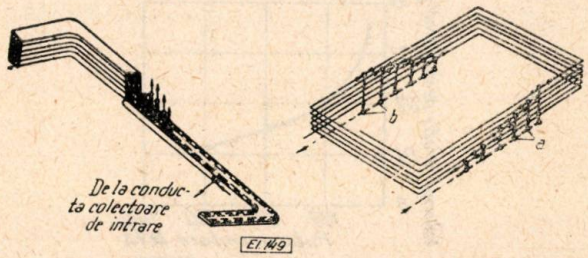


Fig. 13. Bobina unei înfășurări a rotorului cu răcire interioară cu apă a conductoarelor.

formă trapezoidală. În acest fel se poate atinge puterea de 640 MVA. În domeniul puterilor mai mari trebuie luată în considerare și răcirea directă cu apă a rotorului. În prezent se cunosc două sisteme de răcire.

Racordurile apei sînt practicate la mijlocul rotorului (fig. 13). În fiecare conductor indi-

vidual sînt practicate găuri care permit trecerea apei spre conducta colectoare inferioară și spre camera de colectare. Datorită forțelor centrifuge, apa poate atinge o presiune de 16 at. Aceasta impune o serie de precauții la conductele de legătură la conductoare. Trece-

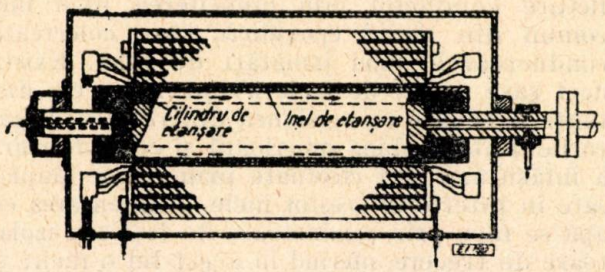


Fig. 14. Turboalternator cu răcire cu apă a statorului și rotorului (cu rotor inundat).

rea apei spre și din rotor se face prin găuri centrale care formează un așa-numit dispozitiv de racord montat de obicei spre partea excitatoarei.

Un al doilea sistem de răcire a rotorului este reprezentat în figura 14 (sistem cu rotor inundat) [17]. Apa de răcire vine prin conducta axială în spațiul capetelor conductoarelor rotorului, pe care-l umple în întregime. Răcirea părții active se face prin conductoare tubulare a căror intrare și ieșire se află în spațiile de la capetele conductoarelor. Rotorul trebuie să fie îmbrăcat într-un cilindru de etanșare și să fie rezistent mecanic la forțe centrifuge.

3. Concluzii

Folosind procedeele perfecționate de răcire a statorului și rotorului amintite mai sus, se poate spori mult puterea unitară a grupurilor. În acest fel se poate obține o diminuare impor-

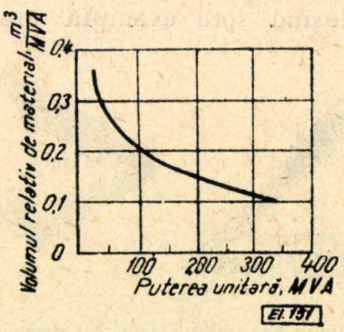


Fig. 15. Amelioarea consumului de material în funcție de creșterea puterii unitare a grupului.

tantă a consumului specific de material, așa cum se arată în figura 15. Astăzi este posibil să se atingă limita de 1 000 MVA pentru un turbogenerator al cărui stator este răcit cu apă și al cărui rotor este răcit cu hidrogen. O astfel de mașină ar avea un rotor cu un diametru de 1 250 mm, o lungime de 7,5 m și o greutate de circa 90 t. Limita fixată mai sus, de 1 000 MVA, 3 000 rot/min, a fost calculată pentru mașini avînd cos $\varphi = 0{,}8$ și un raport de scurtcircuit 0,6. Trebuie menționat că pentru mașinile mari există posibilitatea micșorării raportului de scurtcircuit la valoarea de 0,4 și a măririi factorului de putere la cos $\varphi = 0{,}85-0{,}9$. Adoptînd un raport de scurtcircuit redus, adică o reactanță sincronă mai ridicată, stabilitatea statică se înrăutățește, însă datorită perfecționărilor sistemului de excitație și reglaj grupurile pot funcționa și în domeniul stabilității artificiale. În acest fel este posibil să se amelioreze mult dimensiunile și pierderile generatorului și să se realizeze unități cu puteri maxime de 1 200 MVA.

În prezent și în țara noastră se fac pregătiri pentru instalarea grupurilor cu puteri în gama 200—500 MW, adică din seria de turbogeneratoare moderne de mare randament energetic. Articolul de față are tocmai scopul de a familiariza pe cititori cu problemele specifice care apar la adoptarea unor unități în gama indicată mai sus.

Bibliografie

[1] *Dispaux, J.* Les alternateurs entraînés par turbines à vapeur. În : Bull. Soc. Belge Electr., vol. **80**, nr. 1 (ian—mart 1964), p. 45—50.

[2] *Wilhelms, H.* Entwicklungstendenzen in Electromaschinenbau. In : ETZ—A, vol. **84**, nr. 7 (8 apr 1963), p. 218—225.

[3] *Richardson, P.* Developments in large turbo-type generators. In : IEEE Trans. on Power App. and Syst., nr. 68 (oct 1963), p. 639—646.

[4] *Horsley, W. D.* Turbo-type generators (review of progress). In : Proc. IEE, vol. **110**, nr. 4 (apr 1963), p. 695—702.

[5] *Anempodistov, V. N., Kazanskii, E. G.* și *Urusov, I. D.* Problemî krupnogo turbogheneratorostroeniia. Moscova, Izd. Ak. S.S.S.R., 1960.

[6] *Trasuk, V. P.* Soveșcianie po modernizații energheticeskogo oborudovaniia i osvoeniiu blokov 150—200 MW. In : Elek. Stanții, nr. 11, 1962, p. 93—94.

[7] Discuții. In : Elektr. Stanții, nr. 9, 1962, p. 82—85.

[8] *Vulman, Gl.* Sovremennîe tendenții v turbogheneratorostroenii. Moscova, GEI, 1961.

[9] *Miller, E. H.* și *Cain, B. M.* Large Steam Turbine Generators for the 1960 ASME—TRANS. Paper nr. 59APWR—3.

[10] *Schabtach, C.* The 900 000 kW turbine-generator for Bull-Run, Station of T.V.A. Amer. Power Conference, 1963.

[11] *Darieus, M. G.* Modern problems of H.P. turboalternators. CIGRÉ, rap. 133, 1964.

[12] *Favez, B., Magoux, I., Sénéchaut, P.* etc. Characteristics of generators designed for single shaft 600 MW thermal set. CIGRÉ, 1964, rap. 141.

[13] *Lindley, Al. G.* și *Bishop, R. E. D.* Some recent research of the balance of large flexible rotors. In : Proc. Inst. Mech. Eng. (Anglia), vol. **177**, nr. 30, 1963, p. 811—841.

[14] *Eaton, V.* A gastight joint. In : Engineer, vol. **217**, (13 mart 1964), p. 477—479.

[15] *Meyer, H.* Die Isolierung grosser elektrischer Maschinen. Berlin, Springer Verlag, 1962.
[16] *James, L. W., Creck, F. R. L.* și *Tudge, J.* Recent developments in the United Kingdom in the cooling of large turbogenerators. CIGRÉ, 1964, rap. 104.
[17] *Güttermann, H.* Kühlung grosser Turbogeneratoren. In : VDE-Z, vol. **105**, nr. 12 (apr 1963), p. 478—482.
[18] *Rieger, F.* Entwicklung des Turbogenerators zur wassergekühlten Maschine. In : Elektrizitätswirtschaft, vol. **62**, nr. 6 (20 mart 1963), p. 190—193.
[19] *Schnitt, N.* etc. Diagonal flow ventilation of gas-pick up rotors for large turbine generators. In : AIEE Trans., p. III, vol. **81**, nr. 64 (febr 1963), p. 1075—1085.
[20] *Raskop, F.* Die Weiterentwicklung einwelliger Grossturbogeneratoren durch Anwendung der direkten Hohlleiter-Wasserkühlung. In : Die elektrische Maschine und der Elektromaschinenbau, vol. **42**, nr. 1 (ian 1963), p. 13—17.
[21] *Brown, R. O.* și *Donahne, J. E.* Today's design trends and to-day's technology puts 700 MW on single shaft turbine governor : In : Electr. World, vol. **160**, nr. 19 (4 nov 1963), p. 102—103.
[22] U. S. twin generators 1 000 MW unit at Ravenswood and 900 MW unit et Bull-Run scheduled for operation in 1965. In : Electr. Times, vol. **143**, nr. 19, 1963, p. 701—704.
[23] 500 MW sets. CEGB have announced 13 ordres and also 2 for 550 MW units. In : Electr. Times, vol. **143**, nr. 25, p. 925.
[24] *Reighe, H.* Ein Beitrag zum Einsatz von Texturblechen im Electromaschinenbau. In : Elektrie, vol. **17**, nr. 10 (sept 1963), p. 322—325.
[25] *Budig, P. K.* Die Entwicklungstendenzen im Elektromaschinenbau. In : Elektrie, vol. **17**, nr. 10 (sept 1963), p. 312—316.

Intrat în redacție la 21.1.1965

Dispozitive de sincronizare pentru instalații de impuls de tensiune. Calcul și construcție

Dorin Costina și **Andrei Marinescu*** — Craiova

CZ 621.311.333.82.072.9.001.24 + 002.2

Executarea operativă a încercărilor la impuls de tensiune a echipamentului electric de înaltă tensiune atît în cadrul probelor de tip, cît și pentru scopuri de cercetare, necesită crearea unei aparaturi speciale de comandă.

Pentru observarea și înregistrarea integrală a fenomenelor de impuls și, în particular, a undei de impuls este nevoie de o întîrziere la amorsarea generatorului de impuls de tensiune *GIT* în raport cu declanșarea baleiajului osciloscopului de cel puțin 0,5—1 μs.

Există două posibilități de a obține această întîrziere [1] :

a) *GIT* lucrează cu autoamorsare, adică tensiunea de încărcare este mărită pînă cînd se produce amorsarea eclatoarelor de înseriere, iar impulsul de declanșare al baleiajului se obține printr-o antenă sau cuplaj capacitiv din oscilațiile de înaltă frecvență, care apar la amorsarea *GIT*; întîrzierea dorită se realizează conectînd între dispozitivele de măsură (șunturi, divizor) și osciloscop, linii de întîrziere.

În mod obișnuit se folosesc, în calitate de linii de întîrziere, cabluri coaxiale (circa 200 m pentru o întîrziere de 1 μ s).

Datorită capacității distribuite importante a cablurilor de întîrziere, amortizarea introdusă este relativ mare și există tendința ca acest sistem de întîrziere să fie abandonat [2].

b) Tensiunea de încărcare a *GIT* fiind mai mică decît cea care asigură străpungerea statică a primelor eclatoare, impulsul de deblocare a baleiajului (comandat de operator), după o prealabilă amplificare și întîrziere, amorsează *GIT* printr-un eclator comandat („trigger"). Impulsurile studiate se aplică direct osciloscopului. Metoda care s-a impus în marile laboratoare de înaltă tensiune [3], [4], [5], [6], [7], [8] are, în raport cu prima, o serie de avantaje importante [2], [5].

1. Principiul de funcționare și construcția eclatorului comandat

Pentru a asigura amorsarea comandată a *GIT* multietajate, eclatorul din primul etaj al acestuia se transformă în eclator comandat [9]. În figura 1 se dă constucția celui mai utilizat eclator comandat denumit trigatron [1], [9], [10], [11], [12], [13]. Aici aplicarea impulsului de comandă pe eclatorul median *3* duce la apariția unei scîntei între acesta și sfera *2*.

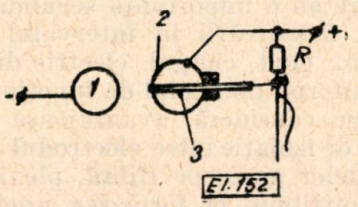


Fig. 1. Eclator comandat (trigatron).

Amorsarea eclatorului principal, care urmează, se datorește atît tensiunii suplimentare de comandă aplicate (numai în cazul cînd polaritatea acesteia este opusă celei de încărcare), cît mai ales radiației ionizante pe care o produce scînteia dintre electrozii *2* și *3*. Rezistența *R* are rolul de a menține electrodul

Ing. *D. Costina* este șeful Laboratorului de înaltă tensiune al Uzinei „Electroputere" — Craiova și ing. A. Marinescu este inginer la același laborator.

de comandă *3* la același potențial cu sfera *2*, astfel încît cîmpul dintre electrozii principali *1* și *2* să rămînă uniform.

Trigatronul are avantaje incontestabile față de celelalte eclatoare comandate, și anume:

a) Domeniu larg de funcționare

Fie o distanță d între sfere și U_1 tensiunea de străpungere a intervalului în lipsa impulsului de comandă. Menținînd distanța, dar aplicînd impulsul de comandă, tensiunea de străpungere scade, evident, la valoarea U_2. În acest caz raportul $p = \frac{U_1 - U_2}{U_1} 100$ este denumit domeniu de funcționare și, în cazul construcțiilor reușite, atinge 50% (în cazul *GIT* multietajate, domeniul de funcționare trebuie limitat la circa 40%, pentru a se asigura și amorsarea celorlalte etaje). Cu alte cuvinte, fără a se modifica distanța dintre eclatoarele de înseriere ale *GIT*, prin simpla variație a tensiunii de încărcare se obține o tensiune de impuls variabilă în limitele indicate. În același timp, domeniul larg de funcționare indică și siguranța împotriva autoamorsării *GIT*.

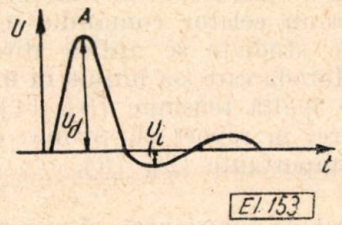


Fig. 2. Forma impulsului produs de un generator de impulsuri cu condensator-acumulator:
U_d – unda directă; U_i – unda inversă.

b) *Randament ridicat*

Amplitudinea impulsului de comandă reprezintă numai 10% din tensiunea de încărcare a *GIT* [1], dar cercetări mai recente [12] reduc procentul la 3–5%.

Cercetări speciale [12] arată că diametrul electrodului de comandă *3* și distanța lui de străpungere au o importanță secundară pentru amorsarea descărcării în intervalul principal. În schimb, cînd cîmpul electric din interval nu este uniform, domeniul de funcționare scade sensibil. Se consideră avantajoasă folosirea, în calitate de izolație între electrodul *3* și sfera *2* a materialelor gazigene (fibră, plexiglas etc.), fiindcă contribuie la formarea unei unde de presiune care favorizează amorsarea descărcării principale.

Impulsul de comandă aplicat trigatronului se caracterizează prin trei parametri: amplitudine, formă și energie.

În figura 2 se prezintă o oscilație tipică la ieșirea unui generator de impulsuri cu condensator acumulator, a cărui utilizare este generală în dispozitivele de sincronizare.

Schema-bloc este reprezentată în figura 3. În generatoarele de impulsuri de acest tip curentul continuu se transformă în impulsuri, ca urmare a existenței în schemă a unei acumulator de energie (simplu condensator) și a unui element de comutare (tiratron) care, la un moment dat, își modifică brusc impedanța.

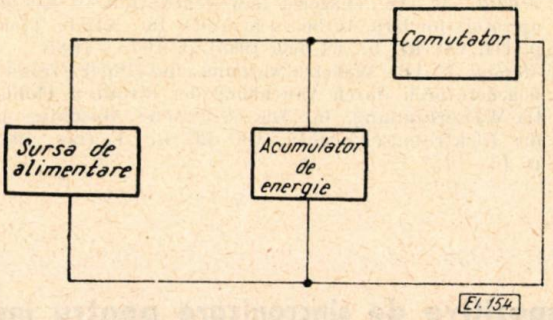


Fig. 3. Schema-bloc a generatorului de impulsuri cu acumularea energiei într-o capacitate.

Amplitudinea impulsului (U_d, fig. 2) este în majoritatea cazurilor cuprinsă între 5 și 20 kV; alegerea ei se face în funcție de tensiunea de străpungere a eclatorului comandat (U_{str}), dar totdeauna astfel încît intervalul de străpungere să fie supratensionat ($U_d/U_{str} = 2-5$). Astfel se asigură o viteză de creștere a tensiunii mai mare la aceeași durată a frontului impulsului.

Forma impulsului este aperiodică sau oscilantă și depinde de caracterul sarcinii (rezistiv sau inductiv) însă, pentru performanțele dispozitivului, este esențială durata frontului impulsului. În figura 4 se arată influența duratei frontului asupra abaterii momentului amorsării eclatorului comandat. De aceea reducerea frontului sub 1 μs este neapărat necesară.

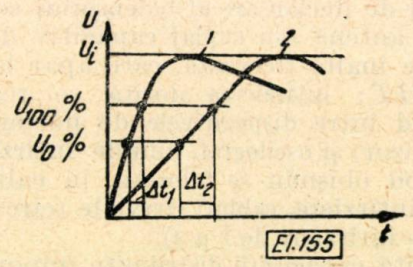


Fig. 4. Influența duratei frontului asupra abaterii momentului amorsării eclatorului comandat:
U – amplitudinea impulsului; U_{100}% – tensiunea de 100% conturnări a eclatorului comandat; U_0% – tensiunea de 0% conturnări (tensiunea maximă de ținere).

Energia impulsului trebuie să fie suficientă pentru a crea în intervalul de descărcare o ionizare intensă. În literatură nu se dau valori pentru această energie, însă experiența autorilor arată că este suficientă o energie a impulsului singular de circa 0,1 Ws.

2. Dispozitiv de sincronizare cu generator de impulsuri unic

2.1. Principiu. Descriere

Problema propusă a fi realizată prin această construcție este micșorarea dispersiei timpului de întîrziere prestabilit, care la construcțiile

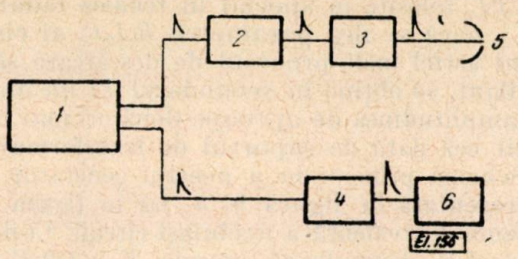


Fig. 5. Schema-bloc a unui dispozitiv de sincronizare :
1 — generator de impulsuri de pornire ; *2* — etaj de întîrziere variabilă ; *3* — generator de impulsuri de înaltă tensiune pentru comanda trigatronului *5* al *GIT* ; *4* — generator de impulsuri pentru declanșarea baleiajului osciloscopului *6*.

descrise în literatură [3], [4], [5], [6] nu poate fi micșorată sub $\pm$ 1 μs pentru un domeniu de reglaj al întîrzierii de 3 pînă la 10 μs. Schema-bloc a acestor dispozitive este dată în figura 5 în care generatoarele de impulsuri 1,3 și 4 sînt generatoare cu condensator-acumulator care, în calitate de comutator, folosesc tiratroane ; ele diferă numai prin amplitudinea și energia impulsurilor pe care le produc. La dispersia totală a sistemului de înregistrare contribuie abaterile caracteristicilor de aprindere ale tiratroanelor, dispersia timpului de eliberare a spoturilor la osciloscop și dispersia proprie a eclatorului comandat din primul etaj al *GIT*.

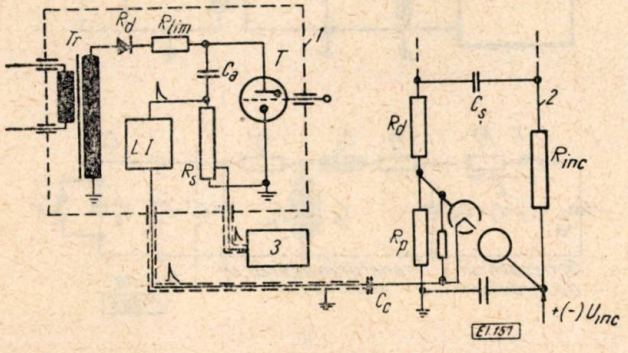


Fig. 6. Dispozitiv de sincronizare cu generator de impulsuri unic :
1 — dispozitiv de sincronizare (generator de impulsuri singulare) ; *2* — generator de impuls de tensiune ; *3* — osciloscop catodic.

În schema reprezentată în figura 6, construită și experimentată în laboratorul de înaltă tensiune al U.E.P.C. la generatorul de impuls I.C.P.E. de 750 kV, 11,75 kW, se micșorează substanțial dispersia timpului de întîrziere prin faptul că atît impulsul de deblocare a baleiajului, cît și impulsul de amorsare al *GIT* sînt luate de la același generator de impulsuri.

La aprinderea tiratronului *T* generatorul *1* produce un impuls cu front abrupt și o cădere exponențială la tensiunea necesară pentru acționarea eclatorului comandat din primul etaj al *GIT*. Impulsul de declanșare, în loc să fie produs de un generator separat, se ia de la o priză a rezistenței de sarcină a generatorului. Se observă că dispersia momentului de aprindere a tiratronului *T* nu mai influențează asupra dispersiei dispozitivului, fiindcă tiratronul are numai rol de contactor ultrarapid. Din această cauză se pot utiliza orice fel de tiratroane, inclusiv cele cu vapori de mercur, care, datorită timpului de ionizare mare, trebuie evitate la dispozitivele construite după schema-bloc din figura 5. Întîrzierea amorsării *GIT* față de declanșarea baleiajului osciloscopului se realizează prin introducerea liniei artificiale de întîrziere *LI* cu constante concentrate, formată dintr-un lanț de cuadripoli în *L* răstur-

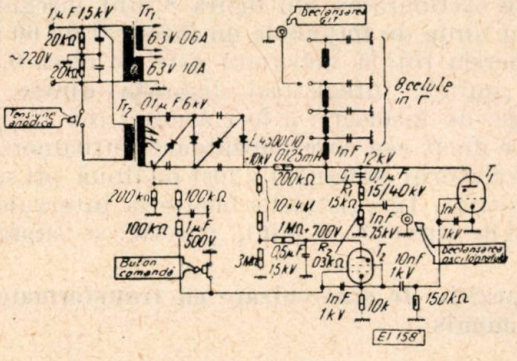


Fig. 7. Schema de principiu a dispozitivului de sincronizare cu generator de impulsuri unic.

nat. Reglarea întîrzierii la valoarea dorită se face prin numărul de celule de cuadripoli introduse în circuit. Cuplajul între eclatorul comandat al *GIT* și linia de întîrziere se face, clasic, prin condensatorul de cuplaj C_c, capabil să suporte tensiunea de încărcare a *GIT*.

Din punct de vedere constructiv dispozitivul este realizat după schema detaliată din figura 7, într-un cofret mobil, prevăzut cu două ieșiri coaxiale : una pentru declanșarea baleiajului osciloscopului și alta pentru declanșarea *GIT*. Tiratronul T_1, împreună cu condensatorul-acumulator C_1 și rezistența de sarcină $R_1 + R_2$, reprezintă generatorul de impulsuri, alimentat la 10 kV de la redresor cu cuadruplarea tensiunii. T_1, fiind un tiratron cu caracteristici pozitive, nu cere negativare, în schimb nu poate fi declanșat prin punerea grilei de comandă la masă și necesită un impuls de declanșare de circa 600 V, produs de tiratronul T_2 alimentat, la rîndul lui, printr-un divizor de la aceeași sursă de 10 kV.

2.2. Performanțe

Dispersia sistemului de înregistrare s-a verificat cu ajutorul unui osciloscraf cu două spoturi tip OK — 17 M, și baleiaj liniar care are o întîrziere proprie la declanșare de 0,1 ± 0,05 μs (indicată de constructor).

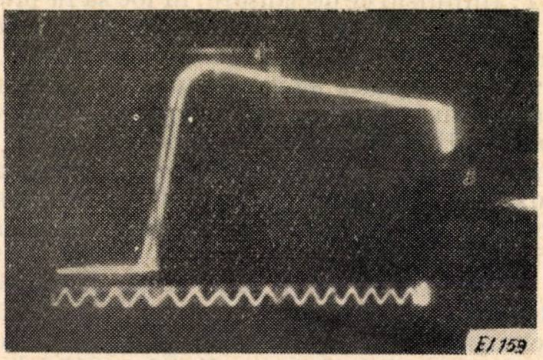


Fig. 8. Dispersia globală a dispozitivului de sincronizare (osciloscraf de impuls tip OK—17 M, frecvența oscilației de etalonare 1 MHz).

Pe oscilograma din figura 8 sînt înregistrate două unde de impuls la un interval de 60 min; dispersia totală măsurată este de circa 0,3 μs. La ambele înregistrări distanța dintre eclatoare, de înseriere, a fost aceeași (cu 10% mai mare decît cea corespunzătoare autoamorsării), iar eclatorul comandat a fost de două ori supratensionat. Înregistrările făcute la intervale mai mici de timp (1—2 min), practic, se suprapun.

Dispozitiv de sincronizare cu transformator de impuls

3.1. Principiul de funcționare. Schema echivalentă

Acest dispozitiv de sincronizare s-a construit cu scopul de a rezolva următoarele obiective:

— gabarit minim posibil;

— posibilitatea declanșării simultane sau decalate a două generatoare de impuls *GIT* în intervalul 0—200 μs;

— posibilitatea obținerii unei succesiuni de unde de impuls de aceeași amplitudine, prin controlul automat al tensiunii de încărcare a *GIT*;

— deblocarea baleiajului osciloscrafului cu întîrziere față de amorsarea *GIT* cu scopul de a înregistra o porțiune mai interesantă a fenomenului. De exemplu, în acest mod se poate obține pe ecranul osciloscrafului numai regiunea de tăiere a undei pentru determinarea precisă a pantei de tăiere și a frecvenței suboscilației.

Pentru a obține gabaritul minim este necesar să se folosească surse de alimentare de joasă tensiune. Mărirea amplitudinii impulsului la valoarea necesară pentru comanda trigatronului din primul etaj al *GIT* s-a realizat prin transformatoare de impuls *TI*.

Sub această denumire se înțelege un transformator cu miez feromagnetic, la care un impuls de o anumită formă și amplitudine, aplicat în primar, este transmis în secundar cu o distorsiune admisibilă și, funcție de raportul numărului de spire, cu o amplitudine mai mare sau mai mică.

Spre deosebire de generatoarele de impuls cu *TI*, folosite în special în tehnica radarului [14], dacă se aleg parametrii R,L,C, ai circuitului astfel încît procesul de descărcare să fie oscilant, se obține în secundarul *TI* un impuls cu amplitudinea de aproape două ori mai mare decît cea dată de raportul de transformare.

Schema principială a acestui generator este reprezentată în figura 9, *a*, iar în figura 9, *b* schema echivalentă a aceluiași circuit. Condensatorul C_a acumulează energia $E = 1/2\ C_a \cdot U_a^2$ unde U_a este tensiunea sursei de alimentare. În momentul cînd pe grila tiratronului se aplică impulsul de declanșare, condensatorul C_a se descarcă prin tiratron în primarul *TI*.

În funcționarea generatorului se deosebesc deci două regimuri: regimul de acumulare a energiei în capacitatea condensatorului C_a caracterizat prin constanta de timp T_1 și regimul de formare a impulsului (sau descărcarea condensatorului în primarul *TI*) cu constanta de timp T_2. Fiecărui regim îi corespunde o schemă echivalentă care se poate trata independent, cu condiția evidentă ca între constantele de timp ale celor două regimuri să existe $T_1 \gg T_2$.

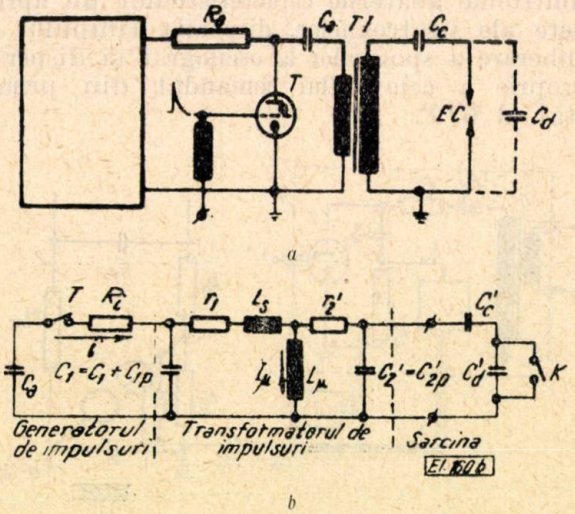


Fig. 9. Generator de impulsuri cu *TI*.

a) Schema principială:
A — sursa de alimentare; *T* — tiratron; *TI* — transformator de impulsuri cu raportul de transformare n; R_a — rezistența de încărcare a condensatorului acumulator; C_a — condensator-acumulator; C_c — condensator de cuplaj între *TI* și eclatorul comandat; C_d — capacitatea dintre electrozii eclatorului comandat; *L* — inductanță de blocare.

b) Schema echivalentă:
R_i — rezistența internă a generatorului de impulsuri; r_1 — rezistența primarului *TI*; r_2' — rezistența raportată la primar a secundarului *TI*; L_s — inductanța de scăpări a *TI*; $L\mu$ — inductanța de magnetizare a *TI*; C_i — capacitatea parazită a generatorului de impulsuri; C_1p — capacitatea înfășurării primare față de pămînt; $C_2' = C_{2p}'$ — capacitatea înfășurării secundare față de pămînt, raportată la primar; *K* — comutator imaginar care înlocuiește fenomenul de străpungere a eclatorului comandat în momentul cînd tensiunea la bornele acestuia atinge tensiunea de străpungere.

Schema echivalentă din figura 9, b se poate simplifica, în cazul regimului de descărcare, făcînd următoarele observații :

— interesează numai frontul impulsului, iar în acest interval de timp curentul de magnetizare i_μ al *TI* se poate neglija și considera $I_\mu \approx \infty$;

— *TI* este ridicător și, în acest caz, există relația evidentă $C_1 \ll C_2'$, care permite simplificarea schemei echivalente prin considerarea capacității parazite globale $C_p = C_1 + C_2'$, conectată în locul celei mai mari dintre capacități (C_2) ;

— sarcina *TI* este reprezentată de capacitatea parazită C_p în paralel cu capacitățile C_c și C_d legate în serie. Practic, condensatorul de cuplaj trebuie să aibă o valoare mult mai mare decît capacitatea eclatorului comandat ($C_d \ll C_c$) pentru ca divizarea tensiunii să nu fie sensibilă.

Sarcina echivalentă a *TI* raportată la primar C_s' are două valori limită distincte ; cele două situații sînt modelate în schemă prin poziția întreruptorului K :

a) pînă în momentul cînd tensiunea la bornele eclatorului comandat atinge tensiunea disruptivă a intervalului (K deschis),

$$C'_{S_1} = n^2 C_{S_1} = C_p + n^2 \frac{C_c \cdot C_d}{C_c + C_d} \approx C_p + n^2 C_d ;$$

b) după străpungerea intervalului disruptiv (K închis),

$$C'_{S_2} = C_p + n^2 C_c .$$

Primul caz este cel mai important, fiindcă permite determinarea amplitudinii impulsului. Efectul datorit străpungerii intervalului poate fi luat ulterior în considerație ca o modificare bruscă a capacității de sarcină de la valoarea

$$C'_{S_1} \text{ la } C'_{S_2} \ (C'_{S_1} \ll C'_{S_2}).$$

Pe baza celor arătate se obține schema echivalentă din figura 10 care reprezintă un cir-

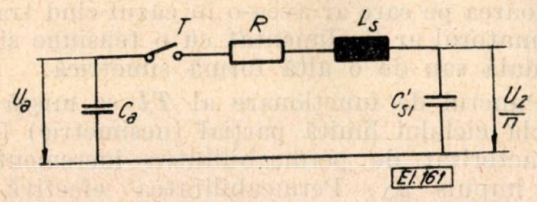


Fig. 10. Schema echivalentă simplificată a *GI* cu *TI* : $R = Ri + r_1 + r_2'$; $C'_{S_1} = n^2 C_{S1} \approx Cp + n^2 C_S$; U_a – tensiunea de încărcare a condensatorului acumulator ; $\frac{U_2}{n}$ – tensiunea în secundarul *TI* raportată la primar.

cuit *RLC* clasic pe care, la aprinderea tiratronului T, se descarcă condensatorul acumulator C_a încărcat la tensiunea U_a.

Rezolvînd circuitul și făcînd următoarele notații :

$$C = \frac{n^2 \cdot C_{S_1} \cdot C_a}{C_a + n^2 \cdot C_{S_1}} ; \ \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_S \cdot C}} ; \ d = \frac{R}{\omega_0 L_S}$$

(adică, respectiv, capacitatea echivalentă de calcul, pulsația și amortizarea oscilațiilor proprii ale circuitului) se obține în ipoteza amortizărilor mici ($d \ll 1$) variația în timp a tensiunii impulsului la bornele secundarului *TI* (v. anexa 1) :

$$U_2(t) = n \cdot U_a \frac{C_a}{C_a + n^2 \cdot C_{S_1}} \left(1 - e^{-\frac{\omega_0 \cdot d}{2} t} \cos \omega_0 t\right). \quad (1)$$

Procesul este în acest caz oscilant amortizat, iar maximul tensiunii se obține pentru $\omega_0 \cdot t_1 = \pi$, adică :

$$t_1 = \frac{\pi}{\omega_0} = \pi \sqrt{L_S \cdot C}, \quad (2)$$

și anume

$$(U_2)_{max} = 2n \ U_a \frac{C_a}{C_a + n^2 C_{S_1}} \left(1 - \frac{\pi \cdot d}{4}\right), \quad (3)$$

unde, ca urmare a valorii mici a amortizării circuitului (de obicei $d \leqslant 0{,}1$), s-a luat :

$$e^{-\frac{\omega_0 \cdot d}{2} t_1} = e^{-\frac{\pi \cdot d}{2}} \approx 1 - \frac{\pi \cdot d}{2}.$$

Practic pentru $d = 0{,}1$ se obține :

$$(U_2)_{max} = 1{,}85 \ n \ U_a \frac{C_a}{C_a + n^2 C_{S_1}}.$$

3.2. Concluzii rezultate din rezolvarea schemei echivalente :

a) Raportul de transformare a *TI* nu este dat în acest caz de relația :

$n = \frac{(U_2)_{max}}{U_a}$, ci, conform relației (3), este dat de

$$n = \frac{(U_2)_{max}}{k \ U_a}, \quad (4)$$

unde :

$$K = 2 \frac{C_a}{C_a + n^2 C_{S_1}} \left(1 - \frac{\pi d}{4}\right) \approx 2 \left(1 - \frac{\pi \cdot d}{4}\right) > 1, \quad (5)$$

ceea ce reprezintă un avantaj constructiv important pentru *TI*. Influența factorului $C_a/C_a + n^2 C_{S_1}$ se face simțită abia la rapoarte de transformare mari ($n > 10$) unde simultan crește și capacitatea parazită a *TI*.

Obținerea unei amortizări a circuitului mult mai mică decît unitatea nu este o problemă complicată, fiindcă rezistența circuitului de

descărcare $R = R_i + r_1 + r_2'$ este foarte mică (rezistența tiratronului se poate neglija, iar rezistența înfășurărilor *TI* este mică, ca urmare a numărului de spire extrem de redus). Valori pentru d și k cuprinse între 0,05 și 0,2 și, respectiv, între 1,9 și 1,7 sînt curente.

b) Relația de definiție a amortizării se poate scrie :

$$d = \frac{R}{L_S \cdot \omega_0} = \frac{R}{\sqrt{\frac{L_S}{C}}} = \frac{R}{Z_c}, \qquad (6)$$

unde :

$$Z_c = \sqrt{\frac{L_S}{C}} \qquad (7)$$

este impedanța caracteristică a ansamblului transformator de impuls-sarcină, parametru important atît pentru determinarea raportului de transformare, cît și pentru alegerea tiratronului.

c) Relația (1) permite determinarea duratei frontului impulsului generat, ca intervalul de timp în care tensiunea crește de la 30 la 90% din valoarea maximă, iar relația (2) indică legătura dintre durata frontului și parametrii : L_S (inductanța de scăpări a *TI*) și C (capacitatea echivalentă a circuitului). Ambele valori se verifică pe cale experimentală. În figura 11 se dă oscilograma impulsului de comandă produs de generatorul descris. Amplitudinea impulsului este de circa 24 kV ; suboscilația (U_i în figura 2), de circa 11 kV ; durata frontului 0,9 μs.

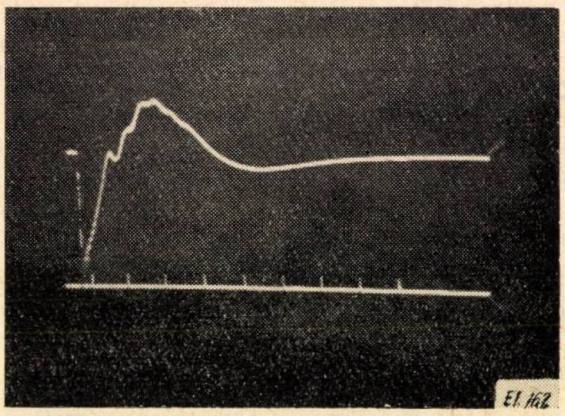


Fig. 11. Oscilograma impulsului la ieșirea *GI* cu *TI* (osciloscop OK – 25, marcaj de timp 2 μs, $U_d = 24$ kV ; $U_i = 11$ kV).

3.3. Blocul de înaltă tensiune

În figura 12 se dă schema blocului de înaltă tensiune, construit după principiul arătat, și elementele ei. Impulsul de comandă cu amplitudinea de circa 250 V se transmite printr-un cablu coaxial de la blocul de comandă la bucșa B_u. Inductanța L împreună cu condensatorul C_g formează un filtru trece-jos, care împiedică pătrunderea impulsului de comandă aplicat pe grilă în circuitul de negativare. Alegerea tiratronului nu este indiferentă (spre deosebire de dispozitivul descris la punctul 2) fiindcă abaterea momentului său de aprindere influențează direct performanțele dispozitivului.

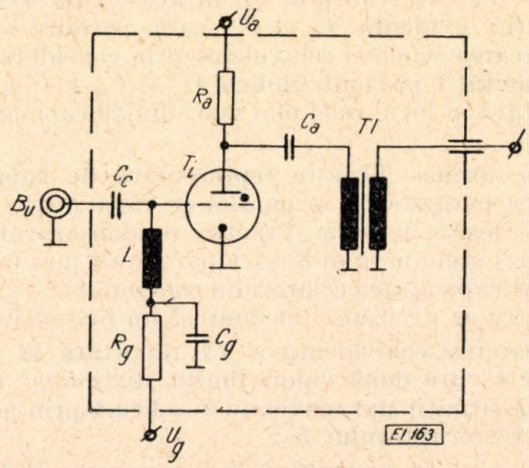


Fig. 12. Schema blocului de înaltă tensiune cu *TI* : $C_c = 10$ nF 1000 V; $C_g = 1$nF 250 V; $C_a = 1$ μF 2/4 kV; $R_g = 50$ kΩ1W; $R_a = 1$MΩ2W; $L = 1$mH; Ti – tiratron *PL* 5544 (Valvo) sau TX2/3, (BBC); *TI* – transformator de impuls cu raportul de transformare $n = 6$; $U_a = 1{,}5$ kW $U_g = -100$ V.

În generatorul de impulsuri construit s-au folosit tiratroane cu gaz inert [14], [15], care ocupă o poziție intermediară între tiratroanele cu Hg și cele cu H, avînd față de ultimele avantajul că sînt mult mai răspîndite, și s-a experimentat cu succes posibilitatea de funcționare a acestora la curenții de impuls care depășesc valoarea de vîrf indicată de constructor, și anume pînă la curentul de scurtcircuit de 0,1 s, fără a influența durata de funcționare.

Dimensionarea transformatorului de impuls s-a făcut pe baza tratatului [14]. De observat că în cazul impulsurilor unipolare permeabilitatea materialului magnetic din care este confecționat miezul este mult mai mică decît valoarea pe care ar avea-o în cazul cînd transformatorul ar fi alimentat cu o tensiune sinusoidală sau de o altă formă simetrică.

Punctul de funcționare al *TI* se mișcă pe bucla ciclului limită parțial (nesimetric) [15] caracterizat de permeabilitatea incrementală în impuls μ_Δ. Permeabilitatea efectivă în impuls $\mu_{\Delta ef}$ ține seamă de efectul demagnetizant al curenților turbionari foarte intenși, care apar în circuitul magnetic datorită vitezei de variație foarte mari a inducției (o valoare obișnuită este 10^5T/s) [16], [17], [18] și este evident mai mică decît μ_Δ. Pentru *TI* construite la „Electroputere", avînd în vedere condițiile simplificatoare expuse la 3.1 și frecvența de repetiție foarte mică, s-a utilizat o tolă de gro-

sime normală de 0,35 mm, M6X (Armco Steel Corporation, Middletown, Ohio), laminată la rece și izolată cu carlit.

Relația de dimensionare a circuitului magnetic [14] este :

$$V_{Fe} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} U_1^2 \cdot t_i^2 \mu_{\Delta ef}}{\Delta B^2 L_\mu K_u}, \quad (m^3; T; s; H; V), \tag{8}$$

unde :

V_{Fe} este volumul miezului (anexa 2) ;
ΔB — variația inducției în miez [17], [19], [20] ;
L_μ — inductanța de magnetizare ;
U_1 — tensiunea la bornele înfășurării primare a TI ;
$\mu_{\Delta ef}$ — permeabilitatea relativă efectivă în impuls ;
K_u — factorul de umplere a miezului

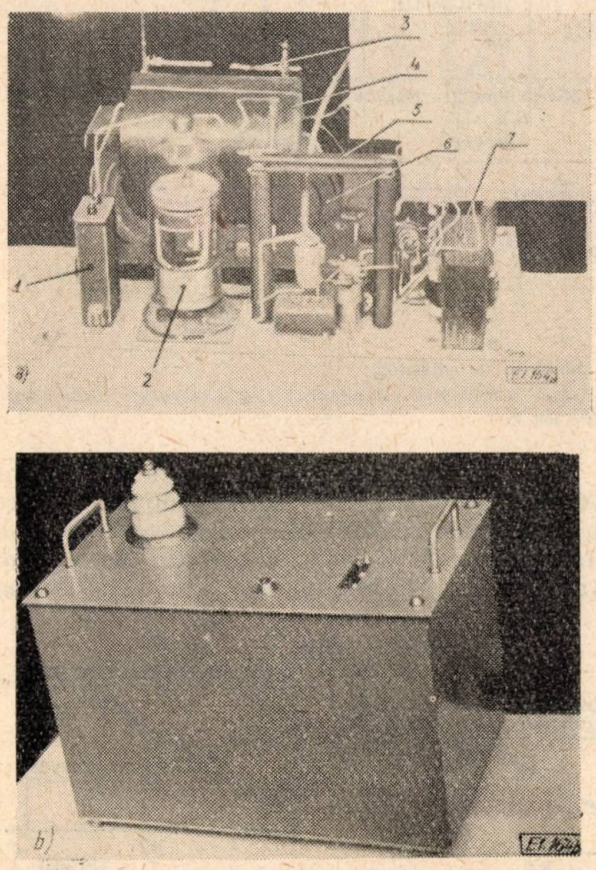


Fig. 13. Blocul de înaltă tensiune cu TI.

a) Vedere interioară:
1 — condensator-acumulator; *2* — tiratron de impuls; *3* — eclator de protecție al TI; *4* — ansamblu bobinaj al TI turnat în rășină ; *5* — redresor de încărcare cu seleniu ; *6* — circuitul magnetic al TI ; *7* — transformator de rețea.

b) Vedere exterioară.

În figura 13, *a* se dă fotografia blocului de înaltă tensiune construit pe baza celor expuse, iar în figura 13, *b* aspectul său exterior. Se observă bucșa coaxială pentru impulsul de comandă, izolatorul de trecere pentru impulsul de înaltă tensiune și priza de alimentare din rețea.

Dimensiunile acestui bloc sînt 400 × 250 × × 350 mm.

3.4. Blocul de comandă

Schema de principiu a acestui bloc este dată în figura 14, iar schema detaliată, în figura 15.

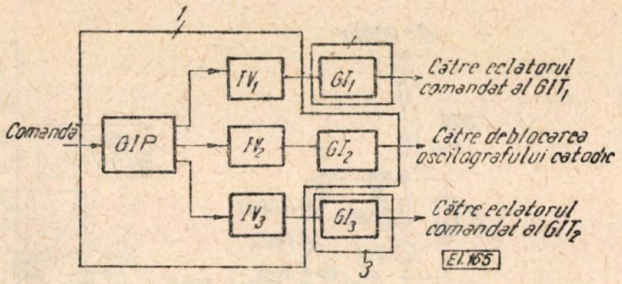


Fig. 14. Schema-bloc a dispozitivului de sincronizare :
1 — bloc de comandă ; *2,3* — blocuri de înaltă tensiune ; *GIP* — generator de impulsuri de pornire ; *IV* — etaj de întîrziere variabilă ; *GI* — generator de impulsuri.

Tiratronul T_2 reprezintă generatorul de impulsuri de pornire GIP. El poate fi amorsat, manual, de către operator sau, automat, la atingerea unei anumite tensiuni de încărcare a GIT, controlată prin tiratronul T_1 (montaj pentru tensiune de încărcare pozitivă). GIP produce un impuls abrupt, care este aplicat simultan celor trei etaje de întîrziere variabilă (IV). IV_1 și IV_2 permit obținerea unei întîrzieri reglabile continuu de la 0 la 10 μs, iar IV_3 o întîrziere, de asemenea, reglabilă continuu între 0 și 200 μs.

a) *Obținerea întîrzierii variabile.* Metoda cea mai simplă este de a introduce în calea impulsului de pornire un circuit RC cu ieșirea pe condensator (circuit de integrare) (fig. 16 *a*). În acest caz frontul impulsului va fi cu atît mai distorsionat (aplatisat), cu cît raportul dintre constanta de timp a circuitului RC și durata impulsului va fi mai mare. Pe acest principiu lucrează, în blocul de comandă construit, etajele IV_1 și IV_2, cuprinzînd tiratroanele T_4 și T_5. Această posibilitate de întîrziere se utilizează pînă la circa 30 μs ; peste această valoare, panta impulsului devine prea mică pentru a asigura o amorsare precisă a tiratronului care îi urmează.

Pentru obținerea întîrzierii necesare etajului IV_3 se folosește un circuit basculant monostabil, echipat cu dubla triodă T_6 și declanșat prin tiratronul de separare T_3, tot de la GIP. Impulsul dreptunghiular cu durata reglabilă este amplificat de T_{7a} și diferențiat, obținîndu-se două impulsuri corespunzătoare frontului anterior și posterior al impulsului dreptunghiular. Prin alegerea corespunzătoare a negativării tubului T_{7b} se realizează o limitare „jos", obținînd, la ieșire, numai impulsul posterior întîrziat față de impulsul de pornire cu o durată egală cu cea a impulsului din care provine.

b) Măsuri pentru mărirea stabilității întîrzierii. Reproductibilitatea întîrzierii în timp este condiția esențială pe care trebuie s-o îndeplinească un dispozitiv de sincronizare. Cîteva dintre

După cum s-a arătat, cu circuitul *RC* nu se pot asigura întîrzieri prea mari, în primul rînd, datorită scăderii pantei impulsului de amorsare (fig. 16 *c*).

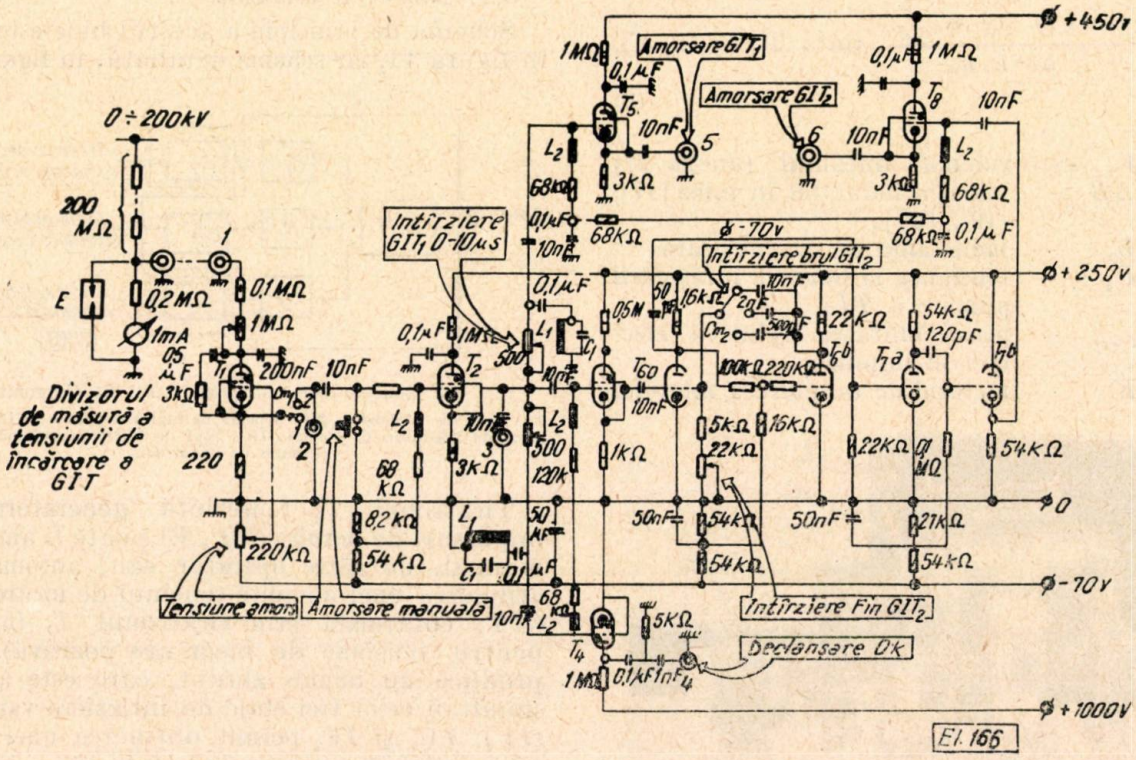


Fig. 15. Schema de principiu a blocului de comandă :

T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_8 — tiratron *TG1* — 0,1/1,3 ; T_6, T_7 — dublă triodă 6N8S ; C_{m_1} — comutator manual-automat ; C_{m_2} — comutator întîrziere brut ; E — eclator de protecție 350 V.

măsurile care au fost luate pentru a asigura stabilitatea întîrzierii sînt enumerate în continuare :

— utilizarea tiratroanelor cu gaze inerte pe baza considerațiilor de la punctul 3.3 ;

La aplicarea impulsului în circuitul oscilant LC_2 apar oscilații sinusoidale amortizate, care se suprapun tensiunii de la ieșirea circuitului, obținîndu-se curba de variație din figura 16 *d*. Amorsarea tiratronului se face întotdeauna

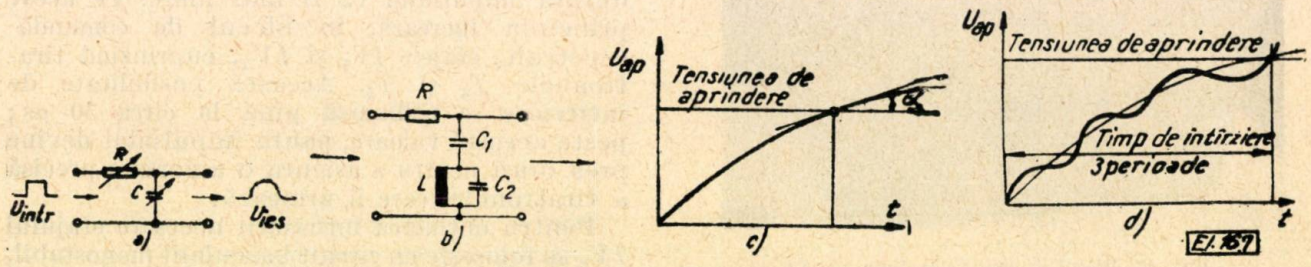


Fig. 16. Circuite de întîrziere :

a — circuit de integrare *RC* clasic ; *b* — circuit de integrare *RC* cu circuit de excitație prin șoc *LC* ; *c* — variația tensiunii funcție de timp pentru circuitul de la *a* ; *d* — aceeași pentru circuitul de la *b*.

— aplicarea unei tensiuni mari de negativare a tiratroanelor față de care oscilațiile potențialului de aprindere sînt neînsemnate ;

— stabilizarea tensiunilor de alimentare ;

— introducerea unui circuit *LC* cu excitație prin șoc în circuitul de întîrziere *RC* [21] (fig. 16 *b*).

numai pe porțiunea crescătoare a oscilației ; se reușește în acest fel să se mărească panta impulsului de amorsare și, totodată, stabilitatea întîrzierii.

Funcție de întîrzierea maximă dorită se alege frecvența de rezonanță a circuitului oscilant LC_2. De exemplu, pentru 10 μs s-a luat

$f_{rez} = 0{,}5$ MHz. În acest caz, factorul de calitate al circuitului se alege astfel încît cea de-a 20-a perioadă să aibă încă o amplitudine suficientă.

Din figura 16 *d* rezultă că prin introducerea circuitului cu oscilație prin șoc LC_2 nu se mai pot obține orice întîrzieri, ci valori decalate cu circa 1 μs. S-a prevăzut însă posibilitatea reglării frecvenței de rezonanță a circuitului prin variația lui C_2 astfel încît pînă la întîrzieri de 5 μs să se poată obține valori decalate cu 0,2, respectiv 0,5 μs.

c) Realizarea constructivă

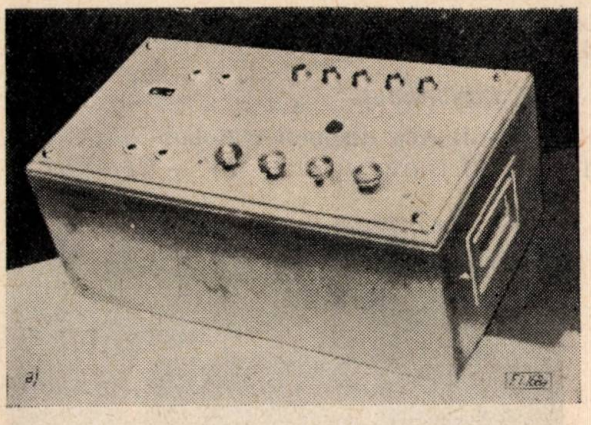
Blocul de comandă este conceput ca o instalație mobilă (fig. 17 *a*), cu dimensiunile 450 × × 250 × 250 mm, amplasată lîngă operator. Cablajul schemei este realizat clasic (fig. 17 *b*), în partea dreaptă fiind blocul de alimentare, iar în stînga, generatorul de comandă propriu-zis. Ieșirile se fac prin bucșe coaxiale.

3.5. Sincronizarea declanșării GIT în raport cu faza tensiunii alternative

Blocul de comandă descris a fost prevăzut ulterior cu o anexă pentru sincronizarea cu rețeaua de tensiune sinusoidală, făcînd posibilă efectuarea încercărilor simultane cu tensiune de impuls și tensiune sinusoidală.

Schema acestui aparat este dată în figura 18.

Tensiunea rețelei este aplicată unui circuit defazor *RC*, cu un domeniu de reglaj 0—170°



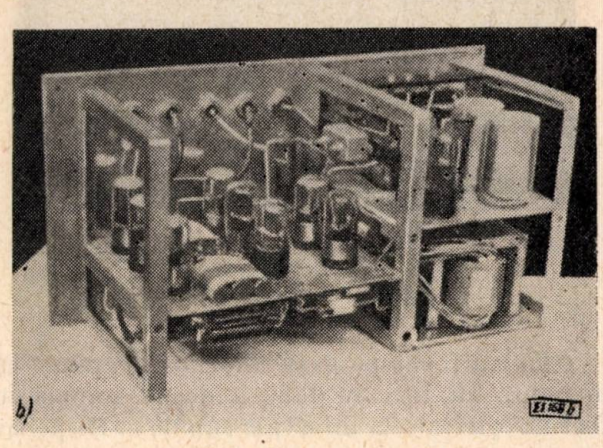


Fig. 17. Blocul de comandă :
a – vedere exterioară ; *b* – vedere interioară.

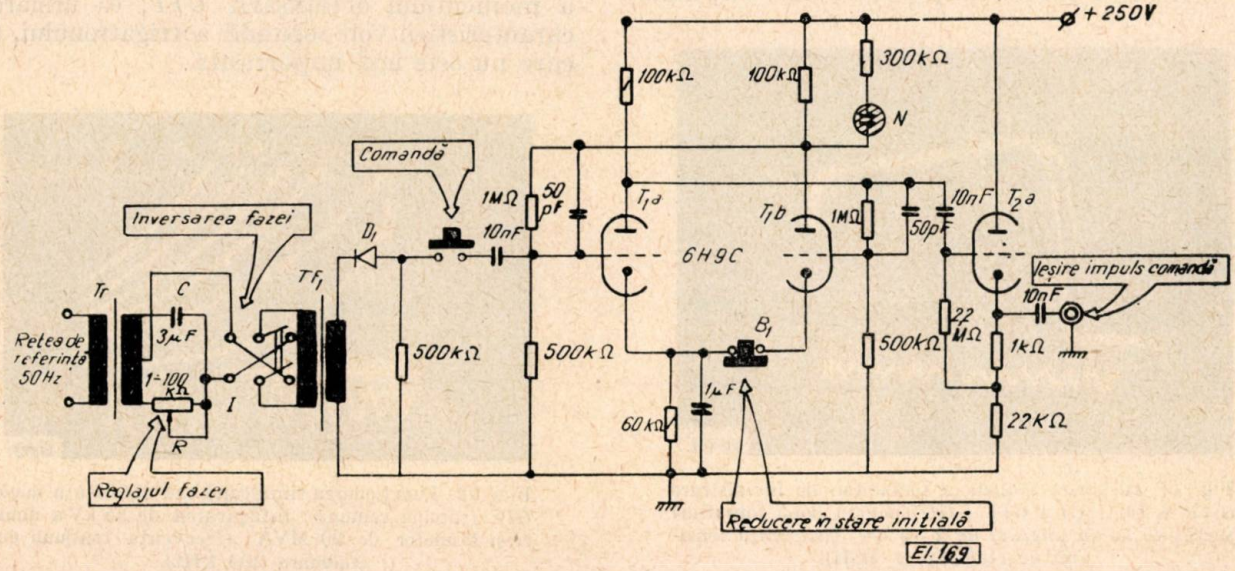


Fig. 18. Schemă de sincronizare cu rețeaua de tensiune sinusoidală în cazul încercărilor simultane cu tensiune de impuls și tensiune alternativă :
T_1, T_2 – dublă triodă 6N9S ; D_1-$D7D$; *TFI*-transformator de formare a impulsurilor ; *N* – bec cu neon pentru indicarea basculării circuitului.

la 50 Hz, la ieșirea căruia se conectează un transformator de formare a impulsurilor, urmat de un circuit „poartă" (multivibratorul bistabil $T_{1a} - T_{1b}$). Basculareа bistabilului este indicată de tubul cu neon *N*. La ieșire se obține un singur impuls de polaritate pozitivă, indiferent de durata apăsării pe butonul de comandă. Readucerea în starea inițială se face prin acționarea contactului normal închis B_1. În cazul utilizării acestui aparat impulsul produs

este aplicat la bucșa *3* a blocului de comandă din figura 15.

3.6. Performanțe

Determinarea dispersiei globale a sistemului de înregistrare (*GIP* + *IV* + *GI* + *GIT* + *OK*) s-a făcut pe baza unor oscilograme, ca în figura 19, în care două unde de impuls au fost înregistrate la intervale sub 60 s. Dispersia maximă măsurată este de 0,4 μs.

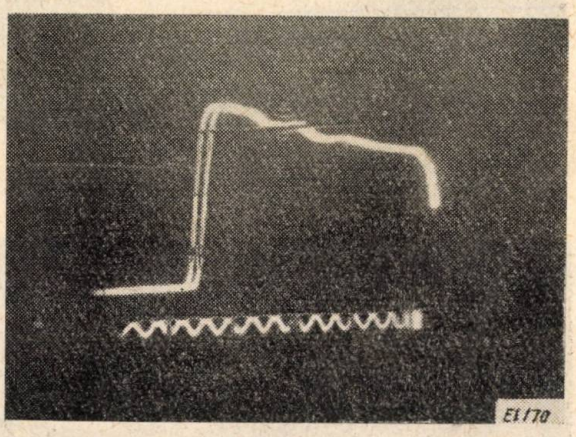


Fig. 19. Dispersia globală a sistemului de înregistrare (*GIP* + *IV* + *GI* + *GIT*+*OK*) pentru două impulsuri succesive la un interval sub 60 s.

Dacă se înregistrează aceeași undă de impuls la intervale mari de timp (cîteva ore) dispersia constatată este de circa 0,6 μs (fig. 20). Practic, interesează numai primul caz, iar rezultatul obținut poate fi considerat bun.

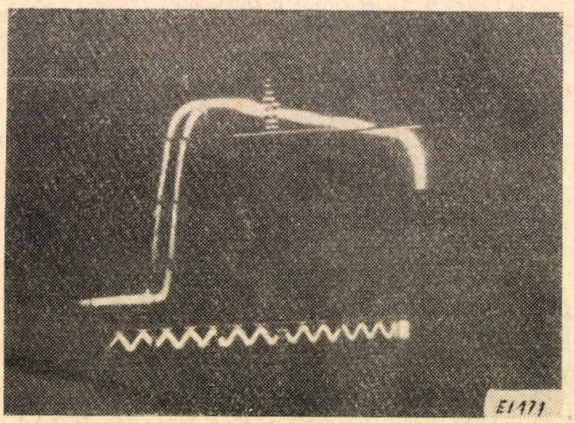


Fig. 20. Dispersia globală a sistemului de înregistrare (*GIP* + *IV* + *GI* + *GIT* + *OK*) pentru două impulsuri succesive la un interval de 2—3 ore (frecvența tensiunii de etalonare 1 MHz).

În figura 21 se dă o oscilogramă din care rezultă domeniul de funcționare a trigatronului (de trei ori supratensionat), utilizat pentru amorsarea comandată a *GIT*, *TUR*, 1 600 kV, 20 kWs.

Pentru o distanță de 40 mm între eclatoarele de înseriere ale *GIT* se obține la autoamorsare o tensiune de impuls de 412 kV. Limita superioară a declanșării comandate este 400 kV (unda de impuls 1 în fig. 21). În continuare, tensiunea de impuls poate fi micșorată numai prin tensiunea de încărcare a *GIT* pînă la 250 kV, valoare care reprezintă limita inferioară a declanșării comandate (unda de impuls *2* în figura 21). Sub această tensiune amorsarea *GIT* este nesigură.

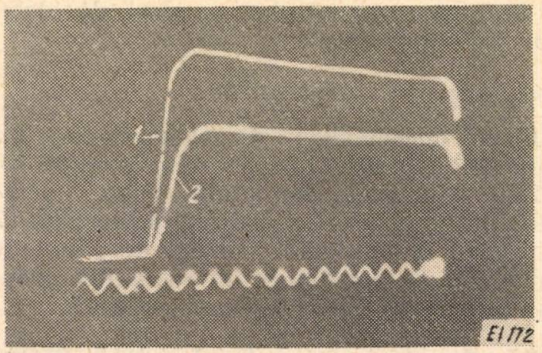


Fig. 21. Domeniul de funcționare a trigatronului din primul etaj al *GIT-TUR* 20 kWs 1600 kV; *1* — limita superioară $U = 400$ kV; *2* — limita inferioară $U = 250$ kV; (frecvența tensiunii de etalonare 1 MHz).

Conform definiției de la punctul 2, domeniul de funcționare este de circa 38%. După cum se observă pe oscilogramă, se constată o abatere a momentului declanșării *GIT*, ca urmare a caracteristicii volt-secundă a trigatronului, dar care nu este însă importantă.

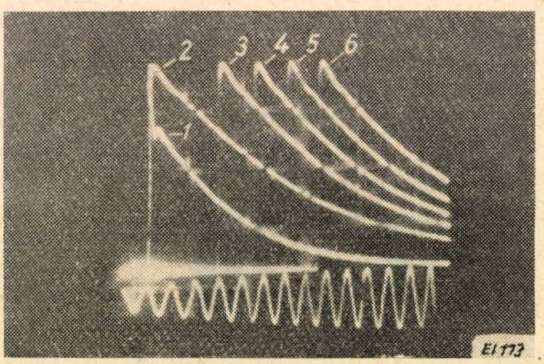


Fig. 22. Funcționarea simultană sau decalată a două *GIT* (sarcina comună: înfășurarea de 35 kV a unui transformator de 20 MVA; (frecvența tensiunii de etalonare 200 kHz).

Oscilograma din figura 22 indică funcționarea simultană sau decalată a *GIT*, *TUR* 1 600 kV, 20 kWs cu *GIT* I.C.P.E., 750 kV, 11 kWs. Unda 1 produsă de un *GIT* este luată ca referință, și, față de aceasta, unda produsă de celălalt generator (2, 3, 4, 5, 6) poate fi deplasată în timp la dorința operatorului. În același timp se poate observa și posibilitatea obținerii

unei succesiuni de impulsuri cu aceeași amplitudine. Verificarea funcționării blocului de sincronizare cu faza tensiunii alternative s-a făcut o dată cu încercarea unui transformator de formatoarelor de impuls construcția blocurilor de înaltă tensiune este foarte compactă, ele putînd fi amplasate în apropierea nemijlocită a *GIT*.

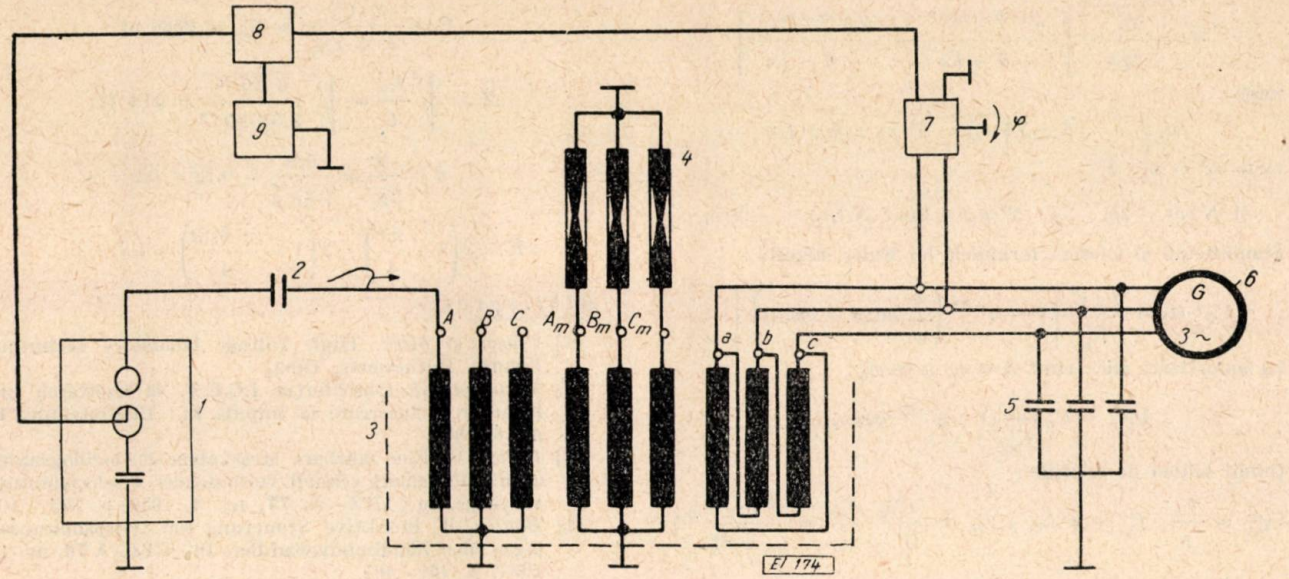


Fig. 23. Schema de încercare simultană cu tensiune de impuls și de frecvență industrială pentru arderea locului de defect la transformatorul 10 MVA, 110/38,5/6,6 kV:

1 — generator de impuls de tensiune; *2* — condensator de cuplaj; *3* — transformator de încercat; *4* — descărcătoare pentru protecția înfășurării de medie tensiune; *5* — condensatoare de blocaj pentru protecția sursei de alimentare împotriva supratensiunilor induse; *6* — generator sincron pentru alimentarea transformatorului de încercat; *7* — bloc de sincronizare cu rețeaua de tensiune alternativă; *8* — bloc de comandă; *9* — oscilograful catodic.

10 MVA, 110/38,5/6,6 kV, pentru „arderea locului defectului", cu schema din figura 23. Declanșarea *GIT* s-a făcut în momentul trecerii prin maxim al tensiunii alternative ($\varphi = 90°$). Abaterea față de valoarea reglată este în medie 0,15 ms, adică circa 3° sau 3,3%.

4. Concluzii

4.1. Dispozitivul de sincronizare descris la punctul 2 se distinge prin simplitatea sa constructivă. Posibilitatea de a obține întîrzieri reglabile în 5 trepte, între 0 și 4 μs și dispersia maximă de 0,3 μs într-un interval de timp de 60 min îl face apt pentru utilizarea curentă la încercarea de omologare a transformatoarelor, descărcătoarelor cu rezistență variabilă etc.

4.2. Dispozitivul de sincronizare descris la punctul 3 oferă posibilități complexe de executare a cercetărilor în domeniul încercărilor la impuls de tensiune prin: declanșarea simultană sau decalată a două *GIT* între 0 și 200 μs, obținerea unei succesiuni de impulsuri cu aceeași amplitudine, declanșarea *GIT* într-o anumită fază a tensiunii alternative (0—170°, respectiv 180—340°), domeniu larg de funcționare comandată etc. Datorită utilizării trans-

ANEXA 1

Deducerea formulei (1)

Schema echivalentă din figura 10 va fi rezolvată pe baza calculului operațional.

$$\left[pL_s + R + \frac{1}{p}\left(\frac{1}{C_a} + \frac{1}{C'_{s_1}}\right)\right] \mathfrak{L}i = \frac{U_a}{p}$$

interesează tensiunea la bornele capacității C'_{s_1}; dacă se notează

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_a} + \frac{1}{C'_{s_1}}$$

rezultă:

$$\mathfrak{L}u_{C'_{s_1}} = \frac{1}{pC'_{s_1}} \mathfrak{L}i = \frac{U_a}{p^2 C'_{s_1}\left(pL_s + R + \frac{1}{pC_e}\right)} =$$

$$= \frac{U_a \cdot C_e}{pC'_{s_1}\left[p^2 L_s C_e + pRC_e + 1\right]}.$$

Notăm:

$$\frac{1}{L_s C_e} = \omega_0^2 \quad \text{și} \quad \frac{R}{2L_s} = \delta,$$

atunci:

$$\mathfrak{L}u_{C'_{s_1}} = \frac{U_a C_e}{pC'_{s_1}\left[\frac{p^2}{\omega_0^2} + \frac{2p\delta}{\omega_0^2} + 1\right]} = \frac{\frac{U_a C_e \omega_0^2}{C'_{s_1}}}{p\left(p^2 + 2p\delta + \omega_0^2\right)} =$$

$$= \frac{M(p)}{pN(p)}.$$

Funcția original se obține pe baza formulei lui Heaviside

$$U_{C'_{s_1}}(t) = \frac{M(p_k)}{N'(p_k)} e^{p_k t} = \frac{\frac{U_a C_e \omega_0^2}{C'_{s_1}}}{\omega_0^2} + \frac{\frac{U_a C_e \omega_0^2}{C'_{s_1}}}{2j\omega}\left[\frac{e^{(-\delta+j\omega)t}}{-\delta+j\omega} - \frac{e^{(-\delta-j\omega)t}}{-\delta-j\omega}\right]$$

unde :

$$p_{1,2} = -\delta \pm j\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} = -\delta \pm j\omega,$$

unde $\omega^2 = \omega_0^2 - \delta^2$

și $N'(p) = 2p + 2\delta$; $N'(p_1) = 2j\omega$; $N'(p_2) = -2j\omega$.

Simplificînd și folosind formulele lui Euler, rezultă :

$$U_{C'_{s_1}}(t) = \frac{U_a C_e}{C'_{s_1}}\left[1 - e^{-\delta t}\left(\frac{\delta}{\omega}\sin\omega t + \cos\omega t\right)\right].$$

La amortizări mici, cînd $\delta \ll \omega$, $\omega \approx \omega_0$:

$$U_{C'_{s_1}} = U_a \frac{C_e}{C'_{s_1}}(1 - e^{-\delta t}\cos\omega_0 t),$$

ținînd seamă de relațiile :

$$U_{C'_{s_1}} = \frac{U_2}{n}; \quad C'_{s_1} = n^2 C_{s_1}; \quad C_e = \frac{C'_{s_1} \cdot C_a}{C'_{s_1} + C_a} = \frac{n^2 C_{s_1} \cdot C_a}{C_a + n^2 C_{s_1}};$$

$$\delta = \frac{R}{2L_s} = \frac{\omega_0 d}{2},$$

$d = \frac{R}{L_s \omega_0}$ și înlocuind, rezultă :

$$U_2(t) = n U_a \frac{C_a}{C_a + n^2 C_{s_1}}\left(1 - e^{-\frac{\omega_0 d}{2} t}\cos\omega_0 t\right).$$

ANEXA 2

Parametrii transformatorului de impuls

Valorile parametrilor care intră în formula (8) sînt : $U_1 = 1500$V ; $t_i = 3\mu$s ; $K_u = 0{,}95$ (tablă cu grosimea de 0,35 mm). Inductanța L_μ se alege de obicei [18] în limitele $(0{,}2-1)\ 10^{-3}$ H ; în cazul de față s-a luat $L_\mu = 0{,}5 \cdot 10^{-3}$ H.

Permeabilitatea efectivă în impuls s-a determinat pe cale experimentală [17] : $\mu_{\Delta ef} = 1080$ pentru $\Delta B = 0{,}3$ T.

Atunci :

$$V_{Fe} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1{,}5^2 \cdot 10^6 \cdot 3^2 \cdot 10^{-12} \cdot 1080}{0{,}3^2 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}95} =$$

$$= 0{,}65 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3 = 650\ \text{cm}^3.$$

Pentru o lungime a circuitului magnetic $l = 37$ cm a rezultat secțiunea miezului $S_{Fe} = 18$ cm².

Tola tăiată în benzi cu lățimea de 30 mm a fost tratată termic și apoi înfășurată prin bobinajul gata confecționat, pentru a forma un circuit magnetic închis în formă de O cu secțiunea indicată mai sus.

Numărul de spire al înfășurării primare este dat de relația [14] :

$$N_1 = \frac{U_1 \cdot t_i}{\Delta B \cdot S_{Fe} \cdot K_u} = \frac{1{,}5 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{0{,}3 \cdot 18 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}95} \approx 9 \text{ spire, iar numărul de spire din secundar :}$$

$$N_2 = nN_1 = 6 \cdot 9 = 54 \text{ spire.}$$

Datorită numărului mic de spire s-a folosit un bobinaj cilindric într-un strat la care s-au luat măsuri speciale de asigurare a rigidității dielectrice între spire, prin utilizarea unor carcase din rășină de turnare (Araldit B), cu șanțuri elicoidale, conform celor arătate în [18].

Prin măsurări directe s-au determinat : $C_d = 48$ pF ; $C_p = 850$ pF ; $R = 0{,}9\Omega$ și $L_s = 8\mu$H și, pe baza acestora, s-a verificat îndeplinirea condițiilor de la punctul 3.2 :

$$C'_{S_1} = C_p + n^2 C_d = 850 + 48.36 = 2580 \text{ pF};$$

$$C = \frac{C \cdot C'_{S_1}}{C + C'_{S_1}} \approx C'_{S_1} = 2580 \text{ pF};$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{L_s}{C}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 10^{-6}}{2{,}58 \cdot 10^{-9}}} = 55{,}6\ \Omega;$$

$$d = \frac{R}{\sqrt{Z_c}} = \frac{0{,}9}{\sqrt{55{,}6}} = 0{,}12 < 0{,}2;$$

$$K = 2\left(1 - \frac{\pi d}{4}\right) = 2\left(1 - \frac{\pi \cdot 0{,}12}{4}\right) = 1{,}8 > 1.$$

Bibliografie

[1] *Craggs* și *Meek*. High voltage laboratory technique. Londra, Butheworts, 1954.

[2] *Hortopan, Gh.* Contribuția I.C.E.T. la rezolvarea problemelor de încercare la impuls. In : Electrotehnica **10**, nr. 6, 1962.

[3] *Herbst, W.* Eine fahrbare Messkabine zur oszillographischen Aufzeichung schnell verlaufender Hochspannungsvorgänge. In : ETZ—A, **77**, nr. 4, 1956, p. 105—107.

[4] *Böning, W.* Induktive Steuerung von Stosspannungsanlagen über Zündimpulswandler. In : ETZ—A **78**, nr. 13, 1957, p. 461—467.

[5] *Hortopan, Gh.* Dispozitiv pentru sincronizarea generatorului de impuls. In : Electrotehnica **6**, nr. 4, 1958, p. 126—130.

[6] *Jakșula, H. W.* Steuerung von Stosspannungsanlagen. In : AEG Mitt., nr. 8/9, 1960, p. 412—416.

[7] *Lampe, W.* Triggerung von Stossgeneratoren mit weitem Arbeitsbereich. In : ETZ—A **83**, nr. 18, 1962, p. 591—596.

[8] *Langhe, F. F.* și *Lohanin, A. K.* Malogabaritnîi ghenerator impulsov. In : Elektricestvo, nr. 1, 1962, p. 58—60.

[9] *Broadbent T. E.* The tripping of impulse generators. In : Journal IEE **2**, mart 1956, p. 176—177.

[10] *Sletten, A. M.* și *Lewis, T. J.* Characteristics of the trigatron spark-gap. In : Proc. IEE (C) **104**, 1957, p. 54—61.

[11] *Broadbent T. E.* The breakdown mechanism of certain triggered spark-gaps. In : British Journal of Applied Physics **8**, ian 1957, p. 37—40.

[12] *Broadbent, T. E.* The characteristics of the trigatron spark-gaps at very high voltages. In : Proc. IEE (C) **107**, 1960, p. 213—215.

[13] *Smirnov, S. A.* și *Senderovici, A. M.* Upravliaemîie razriadniki. In : Electricestvo, nr. 1, 1962. p. 52—54,

[14] *Glasoe, G. N.* și *Lebacqz, I. V.* Pulse generators. New York, Mc Graw-Hill, 1948.

[15] *Iţhoki, Ia. S.* Impulsnîe ustroistva. Sovetskoe Radio, 1959.

[16] Prospecte de instalații de impuls ale firmelor : Micafil A.G., Zürich ; E. Haefely, Basel ; TUR, Dresden.

[17] *Radu, A.* Miezuri de ferită pentru transformatoare de impulsuri de mare putere. In : Automatica și Electronica **6**, nr. 2, 1962, p. 78—84.

[18] *Marinescu, A.* și *Costina, D.* Transformatoare de impuls de mare putere pentru scheme de comandă. Comunicări tehnice „Electroputere", iunie 1963, p. 41.

[19] *Iţhoki, Ia. S.* Minimalnîi obiom impulsnovo transformatora. In : Radiotehnica **12**, nr. 10, 1957, p. 66—84.

[20] *Balian, R. H., Laletin, V. I.* și *Trofimov, I. V.* Sposob razmagnicivania serdecinika impulsnovo transformatora. In : Radiotehnica **14**, nr. 8, 1959, p. 40—42.

[21] *Steinhausen, A.* Aparat pentru obținerea unor întîrzieri de ordinul microsecundelor. Traducere din Elektronik **10**, nr. 8, 1961, în caiet selectiv I.D.T. Electronică-Telecomunicații **2**, nr. 6, 1962, p. 352—355.

Intrat în redacție la 15.X.1964

Eficiența economică a introducerii tehnicii noi în fabricarea micromotoarelor la Intreprinderea „Electromotor" Timișoara

Ioan Toma, Victor Crăciunescu și Trandafir Cocîrlă* — Timișoara

CZ 621.313.17 : 621.312.003.1 (498) EMT

Sarcinile importante ale întreprinderilor noastre industriale în actuala etapă de dezvoltare a economiei naționale impun introducerea sistematică a tehnicii noi în toate ramurile producției de bunuri materiale. În economia socialistă tehnica nouă trebuie să contribuie la asigurarea condițiilor pentru economisirea maximă a cheltuielilor de muncă socială pe unitate de produs, la ridicarea calității produselor și îmbunătățirea condițiilor de muncă. Aceste sarcini sînt îndeplinite, la nivelul întreprinderilor, prin : creșterea productivității mașinilor ; perfecționarea proceselor tehnologice ; mecanizarea și automatizarea complexă și pe operații ; îmbunătățirea organizării producției și a muncii ; ridicarea siguranței de exploatare a tehnicii.

În general, diferitele soluții ale tehnicii noi se pot realiza după mai multe variante, de aceea se pune aproape totdeauna problema ca dintre mai multe soluții posibile să se aleagă soluția optimă. În acest scop trebuie efectuată o analiză economică complexă, care să permită stabilirea eficacității relative a variantei adoptate, în comparație cu celelalte variante avute în vedere. Prin introducerea tehnicii noi se obțin efecte sau rezultate economice concretizate prin economii exprimate în mărime absolută.

Pentru a determina eficiența economică a unei acțiuni de tehnică nouă se raportează efectele economice realizate la cheltuielile totale sau parțiale efectuate în scopul introducerii tehnicii noi. Atît efectele economice, cît și eficiența economică se caracterizează prin anumiți indicatori. În toate cazurile de analiză a eficienței economice trebuie să se folosească indicatorii de bază ai efectelor economice : valoarea volumului total al investițiilor și economiile totale anuale realizate prin reducerea prețului de cost.

Cînd indicatorii de bază nu determină o caracterizare completă a eficienței diferitelor variante, se recurge la indicatorii suplimentari ai efectelor economice, care se referă la : creșterea capacității de producție ; mărirea productivității muncii ; economia la consumurile specifice de materii prime, materiale etc. ; ridicarea calității producției ; îmbunătățirea condițiilor de tehnica securității muncii etc.

Prin folosirea indicatorilor de bază ai efectelor economice se pot determina principalii indicatori ai eficienței : coeficientul de eficiență economică ; termenul de recuperare a cheltuielilor investite pentru introducerea tehnicii noi și investiția specifică. Raportînd mărimile absolute ale indicatorilor suplimentari ai efectelor economice la elementele de structură corespunzătoare ale cheltuielilor de producție se pot determina indicatorii parțiali de eficiență economică, de care ne servim totdeauna cînd nu se obțin date satisfăcătoare din analiza indicatorilor principali de eficiență.

Metode de calcul pentru stabilirea eficienței economice a introducerii tehnicii noi

Pentru stabilirea eficienței economice a introducerii tehnicii noi la fabricarea micromotoarelor este necesar să se stabilească inițial o metodologie de analiză specifică acestei ramuri constructoare de mașini.

Se știe că pentru stabilirea eficienței economice trebuie să se determine, în prealabil, volumul total al investițiilor și cheltuielile totale de fabricație, corespunzătoare unei anumite producții anuale.

1. Determinarea volumului total al investițiilor. În general valoarea investițiilor totale depinde de : volumul producției anuale, productivitatea utilajului, investiția pe unitatea de utilaj și gradul de folosire a utilajului.

Dacă pentru două variante de tehnică nouă se notează cu I_{t_1} și I_{t_2} volumul total al investițiilor pentru realizarea unei producții anuale Q de un anumit produs, cu I_1 și I_2 valoarea investițiilor pe unitatea de utilaj, cu q_1 și q_2 producția anuală de același produs a unui utilaj, se pot scrie următoarele relații, în funcție de gradul de folosire a utilajelor [1] :

a) pentru utilaj incomplet încărcat, care poate fi folosit la execuția altor produse :

$$I_{t_1} = Q\left(\frac{I_1}{q_1}\right), \quad I_{t_2} = Q\left(\frac{I_2}{q_2}\right);$$

b) pentru utilaj incomplet încărcat, care nu poate fi utilizat pentru execuția altor produse, din cauza specializării înalte :

$$I_{t_2} = \left(\frac{Q}{q_1}\right) I_1, \quad I_{t_2} = \left(\frac{Q}{q_2}\right) I_2.$$

În ultimele două relații rapoartele $\frac{Q}{q}$ (care reprezintă numărul utilajelor) se rotunjesc totdeauna la numere întregi superioare.

* *I. Toma* este conferențiar la Institutul politehnic din Timișoara, ing *V. Crăciunescu* este conferențiar la același institut și adjunctul șefului serviciului proiectări la Întreprinderea „Electromotor", iar *T. Cocîrlă* este lector la același institut.

La compararea volumului total al investițiilor pot să apară următoarele relații între cele două variante de tehnică considerate :

$$Q\left(\frac{I_1}{q_1}\right) \gtrless Q\left(\frac{I_2}{q_2}\right);$$

$$\left(\frac{Q}{q_1}\right) I_1 \gtrless \left(\frac{Q}{q_2}\right) I_2 ; Q\left(\frac{I_1}{q_1}\right) \gtrless \left(\frac{Q}{q_2}\right) I_2 .$$

Prima relație se referă la utilaj parțial încărcat, care poate fi folosit la realizarea altor produse ; a doua corespunde pentru utilaj incomplet încărcat, care nu poate fi utilizat pentru fabricarea altor produse ; iar a treia caracterizează compararea a două variante cu utilaj incomplet folosit, una cu posibilități de folosire a utilajului și pentru altă producție, iar cealaltă fără aceste posibilități.

2. Determinarea cheltuielilor totale de fabricație. Cheltuielile totale de fabricație sau de exploatare reprezintă prețul de cost al producției. Se poate considera că, în general, cheltuielile totale de fabricație depind de volumul producției anuale, de productivitatea utilajului, de cheltuielile de fabricație corespunzătoare producției unui utilaj și de gradul de folosire a acestuia.

Păstrînd notațiile anterioare și notînd cu C_{t_1} și C_{t_2} cheltuielile totale de fabricație pentru două variante de tehnică nouă și cu C_1 și C_2 cheltuielile de fabricație care revin producției realizate de un singur utilaj în cazul a două variante, se pot scrie următoarele relații.

a) Pentru utilaj incomplet încărcat, care poate fi folosit și la execuția altor produse :

$$C_{t_1} = Q\left(\frac{C_1}{q_1}\right), \quad C_{t_2} = Q\left(\frac{C_2}{q_2}\right).$$

Expresia desfășurată a cheltuielilor de fabricație C_1, respectiv C_2, poate fi exprimată, în funcție de principalele elemente componente, sub forma :

$$C_1 = m_1 q_1 + s_1 q_1 (1 + \alpha) + \frac{I_1 \cdot a_1}{100} + C_{g1} ;$$

$$C_2 = m_2 q_2 + s_2 q_2 (1 + \beta) + \frac{I_2 \cdot a_2}{100} + C_{g2} ,$$

unde :

m_1, m_2 reprezintă cheltuielile pentru materiale, combustibil, energie etc. ;

s_1, s_2 — salarii directe pe unitatea de produs ;

α, β — cota de asigurări sociale și suplimente la salariile directe ;

a_1, a_2 — cotele procentuale de amortizare a utilajului ;

C_{g_1}, C_{g_2} — cheltuieli generale de fabricație.

Înlocuind în expresia generală a lui C_{t_1} valoarea lui C_1 stabilită, rezultă :

$$C_{t_1} = m_1 Q + s_1 Q (1 + \alpha) + \left(\frac{I_1}{q_1}\right) Q \frac{a_1}{100} + \frac{C_{g_1}}{q_1} Q.$$

Similar se poate scrie și expresia desfășurată a lui C_{t_2}.

b) Pentru utilaj incomplet încărcat, care nu poate fi folosit pentru fabricarea altor produse, trebuie să se țină seamă că în expresia generală $C_{t_1} = \left(\frac{Q}{q_1}\right) C_1$ raportul $\frac{Q}{q_1}$, transformat în număr întreg superior, afectează numai cheltuielile de amortizare, celelalte elemente ale prețului de cost depinzînd direct de volumul producției cu care se încarcă utilajul respectiv (ca în cazul precedent).

Expresia desfășurată a cheltuielilor totale de fabricație devine :

$$C_{t_1} = m_1 Q + s_1 Q (1 + \alpha) + \left(\frac{Q}{q_1}\right) I_1 \frac{a_1}{100} + \frac{C_{g_1}}{q_1} Q.$$

Relație similară se poate stabili și pentru C_{t_2}.

3. Determinarea eficienței economice. La studierea eficienței economice a introducerii tehnicii noi pot apărea trei cazuri diferite în privința relațiilor de comparare a indicatorilor efectelor economice.

a) Cînd $I_{t_1} > I_{t_2}$; $C_{t_1} > C_{t_2}$, respectiv :

$$Q\left(\frac{I_1}{q_1}\right) > Q\left(\frac{I_2}{q_2}\right); \quad Q\left(\frac{C_1}{q_1}\right) > Q\left(\frac{C_2}{q_2}\right)$$

și

$$\left(\frac{Q}{q_1}\right) I_1 > \left(\frac{Q}{q_2}\right) I_2 ; \quad \left(\frac{Q}{q_1}\right) C_1 > \left(\frac{Q}{q_2}\right) C_2 ,$$

rezultă, în mod evident, că varianta a doua este mai eficace, atît din punctul de vedere al cheltuielilor de investiții, cît și din punctul de vedere al fabricației, rezultînd o economie relativă la cheltuielile de investiție e_i și o rentabilitate suplimentară Δ_R la cheltuielile de fabricație, avantaje economice exprimate prin relațiile :

$$e_i = \frac{I_{t_1} - I_{t_2}}{I_{t_1}} 100 ; \quad \Delta_R = \frac{C_{t_1} - C_{t_2}}{C_{t_1}} 100.$$

b) Cînd $I_{t_1} < I_{t_2}$; $C_{t_1} > C_{t_2}$, respectiv :

$$Q\left(\frac{I_1}{q_1}\right) < Q\left(\frac{I_2}{q_2}\right); \quad Q\left(\frac{C_1}{q_1}\right) > Q\left(\frac{C_2}{q_2}\right)$$

și

$$\left(\frac{Q}{q_1}\right) I_1 < \left(\frac{Q}{q_2}\right) I_2 ; \quad \left(\frac{Q}{q_1}\right) C_1 > \left(\frac{Q}{q_2}\right) C_2 ,$$

rezultă că varianta întîi necesită investiții mai mici, dar duce la cheltuieli de fabricație mai mari. Pentru argumentarea alegerii variantei optime trebuie să se recurgă la indicatorii de eficiență economică : timpul de recuperare a cheltuielilor de investiții τ ani și coeficientul de eficiență economică ε, ale căror expresii sînt :

$$\tau_{ani} = \frac{I_{t_2} - I_{t_1}}{C_{t_1} - C_{t_2}} = \frac{Q\left(\frac{I_2}{q_2}\right) - Q\left(\frac{I_1}{q_1}\right)}{Q\left(\frac{C_1}{q_1}\right) - Q\left(\frac{C_2}{q_2}\right)} = \frac{\frac{I_2}{q_2} - \frac{I_1}{q_1}}{\frac{C_1}{q_1} - \frac{C_2}{q_2}} < \tau_n ,$$

respectiv :

$$\tau_{ani} = \frac{I_{t_2} - I_{t_1}}{C_{t_1} - C_{t_2}} = \frac{\left(\frac{Q}{q_2}\right) I_2 - \left(\frac{Q}{q_1}\right) I_1}{\left(\frac{Q}{q_1}\right) C_1 - \left(\frac{Q}{q_2}\right) C_2} < \tau_n .$$

În ambele expresii τ_n este timpul normativ de recuperare a investiției pe ramură.

În expresia a doua, aparent, s-ar putea face simplificări ; în realitate ele nu se pot efectua deoarece rapoartele $\left(\frac{Q}{q}\right)$ aferente cheltuielilor de fabricație se referă numai la cheltuielile de amortizare în condițiile deja amintite.

Coeficientul de eficiență economică exprimă valoric economia anuală ce se realizează pentru un leu investit. El este dat de relația :

$$\varepsilon = \frac{1}{\tau} = \frac{C_{t_1} - C_{t_2}}{I_{t_2} - I_{t_1}} .$$

c) Cînd $I_{t_1} > I_{t_2}$; $C_{t_1} < C_{t_2}$, respectiv :

$$Q\left(\frac{I_1}{q_1}\right) > Q\left(\frac{I_2}{q_2}\right) ; \quad Q\left(\frac{C_1}{q_1}\right) < Q\left(\frac{C_2}{q_2}\right)$$

si

$$\left(\frac{Q}{q_1}\right) I_1 > \left(\frac{Q}{q_2}\right) I_2 ; \quad \left(\frac{Q}{q_1}\right) C_1 < \left(\frac{Q}{q_2}\right) C_2 ,$$

se vede că varianta a doua, deși realizează economii la cheltuielile de investiții, duce la cheltuieli de exploatare mai mari, care într-un anumit timp τ_{anih} va anihila economia la investiții. În acest caz eficiența economică se apreciază prin timpul de anihilare a economiei la investiții, care se calculează după relația :

$$\tau_{anih} = \frac{I_{t_1} - I_{t_2}}{C_{t_2} - C_{t_1}} > \tau_n .$$

Varianta a doua va putea fi acceptată numai dacă îndeplinește condiția cerută de expresia menționată.

Pentru alegerea soluției economice optime se aplică metoda de analiză în lanț a variantelor considerate. În acest scop se trec într-o tabelă valoarea totală a investițiilor, în ordine crescîndă, și cheltuielile totale de fabricație corespunzătoare, apoi se compară fiecare variantă cu ultima admisă pivind termenul de recuperare a investițiilor suplimentare [1].

În tabela 1 se exemplifică metoda de analiză în lanț pentru cazul cînd în toate variantele considerate capacitatea disponibilă a utilajului poate fi folosită pentru fabricarea altor produse.

Tabela 1

Comparație între mai multe variante de tehnică

Nr. variantei	Efecte economice		Indicatorii de eficiență economică
	I_t	C_t	
1	I_{t1}	C_{t1}	$\tau_{1,2} = \frac{I_{t_2} - I_{t_1}}{C_{t_1} - C_{t_2}} < \tau_n$
2	I_{t2}	C_{t2}	$\tau_{2,3} = \frac{I_{t_3} - I_{t_2}}{C_{t_2} - C_{t_3}} < \tau_n$
3	I_{t3}	C_{t3}	

Observații. Varianta a treia este cea mai corespunzătoare în cazul considerat.

Efectele și eficiența economică a introducerii tehnicii noi în fabricarea micromotoarelor la I.I.S. „Electromotor"

Metodologia de calcul stabilită anterior s-a aplicat la evaluarea eficienței economice a introducerii tehnicii noi în fabricarea micromotoarelor MS-2, ale căror elemente constructive principale rezultă din figura 1.

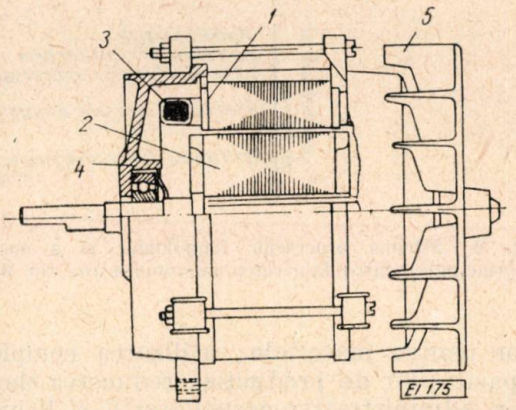


Fig. 1. Micromotor tip MS2 :
1 – stator ; *2* – rotor ; *3* – bobine ; *4* – scut ; *5* – ventilator.

S-a ales micromotorul amintit, deoarece în volumul total al producției de micromotoare ponderea lui reprezintă circa 70%.

Creșterea producției de micromotoare a impus analizarea și reorganizarea proceselor tehnologice și, în cadrul lor, a operațiilor principale, cu scopul asigurării îndeplinirii planului de producție în condiții economice optime.

Procesele parțiale de fabricare ale micromotoarelor sînt convergente. Schema principalelor procese și operații tehnologice este prezentată în figura 2.

Sînt numeroase posibilități pentru introducerea tehnicii noi în procesele de fabricație. Direcțiile cele mai eficiente în care trebuie să se acționeze sînt determinate, în primul rînd, de structura prețului de cost.

Elementele componente principale care prezintă pondere însemnată în structura prețului de cost al micromtoarelor sînt : valoarea materialelor, cheltuielile de muncă vie și cheltuielile generale ale secțiilor și întreprinderii.

Structura prețului de cost al micromotorului MS-2 rezultă din figura 3.

Pentru mărirea productivității și reducerea prețului de cost trebuie luate următoarele măsuri mai importante: introducerea tehnicii și tehnologiei moderne; economisirea cheltuie-

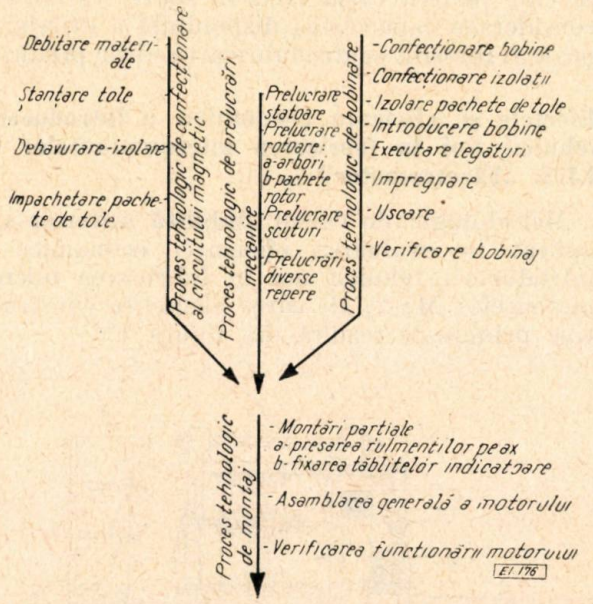


Fig. 2. Schema proceselor tehnologice și a operațiilor principale pentru fabricarea micromotorului tip MS-2.

lilor pentru materiale; utilizarea completă a capacităților de producție; reducerea cheltuielilor administrative-gospodărești și lichidarea celor neproductive, organizarea superioară a producției și muncii.

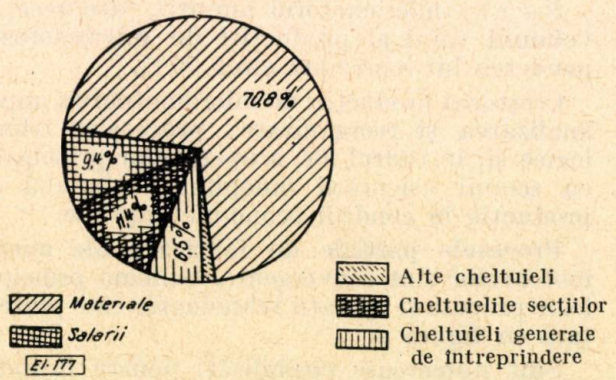


Fig. 3. Structura prețului de cost.

Introducerea tehnicii și tehnologiei moderne se realizează prin folosirea utilajelor perfecționate, modernizarea mijloacelor de muncă existente și perfecționarea tehnologiei de fabricație. Toate aceste acțiuni, tehnice, împreună cu metodele de organizare superioară a producției și muncii, au constituit obiectivele principale de reorganizare a fabricației micromotoarelor în scopul obținerii unor rezultate economice avantajoase.

În cele ce urmează se va analiza modul de introducere a acțiunilor de tehnică nouă și de determinare a efectelor și eficienței economice în procesele de fabricație ale micromotoarelor tip MS-2 amintite anterior.

1. Procesul de confecționare a circuitului magnetic se realizează în atelierul de ștanțare la rece. Primul obiectiv important urmărit în acest proces a fost introducerea utilajelor perfecționate.

La operația de debitare a tablelor silicioase s-a înlocuit ghilotina prin foarfecă cu role, obținîndu-se o creștere a productivității muncii și asigurarea preciziei dimensiunilor la fișiile debitate, condiție foarte importantă pentru fazele următoare de prelucrare.

La operația de ștanțare a tolelor, operație principală a atelierului, s-au înlocuit presele cu avans manual prin prese moderne cu avans automat, rezultînd mărirea productivității muncii și economii importante la tablă silicioasă. Presele cu avans automat au fost prevăzute cu matrițe de ștanțare în pași, în loc de matrițe tip bloc, utilizate la presele cu avans manual, fapt care a permis folosirea integrală a tablei, după cum rezultă din figurile comparative 4a și 4b.

Perfecționarea procesului tehnologic s-a realizat prin folosirea unui dispozitiv cu dublă acțiune la presarea pachetelor de tole și prin izolarea tolelor în pachet cu lac ALM, în locul izolării tolă cu tolă. Prima măsură a dus la eliminarea unei serii de mînuiri, la ridicarea calității pachetelor de tole și la creșterea productivității muncii.

A doua măsură a asigurat o rigidizare mai mare a pachetului de tole, a redus apreciabil pierderile la mers în gol, a ridicat calitatea producției și a determinat creșterea productivității muncii.

Pentru a sintetiza în mod concret și sugestiv efectele economice rezultate în atelierul de ștanțare la rece, ca urmare a introducerii tehnicii noi, s-au întocmit grafice.

Creșterea productivității muncii pe operații este prezentată în figura 5.

Reducerea manoperei pe întregul atelier la produsul considerat, în proporție de 35% față de tehnica veche, este redată în figura 6.

Reducerea consumului de materiale pe ansamblul atelierului la micromotorul MS-2 în proporție de 28,5% față de tehnica veche rezultă din figura 7.

Cuprinzînd într-o tabelă de sinteză indicatorii de bază și suplimentari ai efectelor economice, exprimați valoric, se pot calcula ușor indicatorii de eficiență economică ai procesului de confec-

ționare a circuitului magnetic. Rezultatele calculelor sînt expuse în tabela 2.

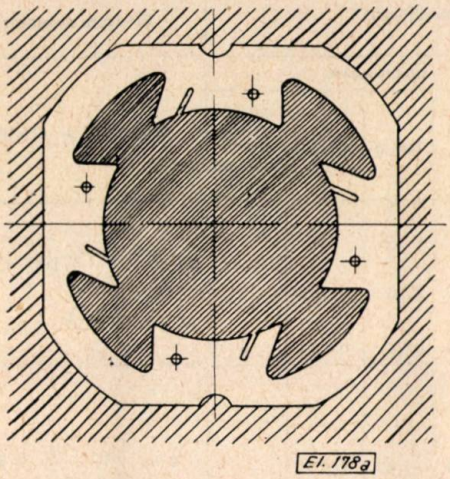


Fig. 4a. Ştanţarea tolei stator cu matriţă bloc.

variante (varianta de tehnică veche şi cea de tehnică nouă), precum şi de indicatorii de eficienţă economică : termenele de recuperare ale investiţiilor suplimentare şi coeficenţii de eficienţă economică, care se încadrează în valorile normative pentru industria electrotehnică (în U.R.S.S. valoarea normativă a termenului de recuperare este de 6 ani) [1].

2. Procesul de prelucrări mecanice asigură prelucrarea în continuare a pachetelor de tole rezultate în procesul anterior, precum şi execuţia altor repere componente ale micromotorului.

Pentru introducerea tehnicii noi s-a urmărit, în primul rînd, înlocuirea maşinilor-unelte universale cu maşini speciale sau de mare productivitate.

Ca urmare a folosirii maşinii specializate de amborat axe în locul strungului paralel universal, a utilajelor de mare productivitate, ca strungurile de prelucrare prin copiere pentru

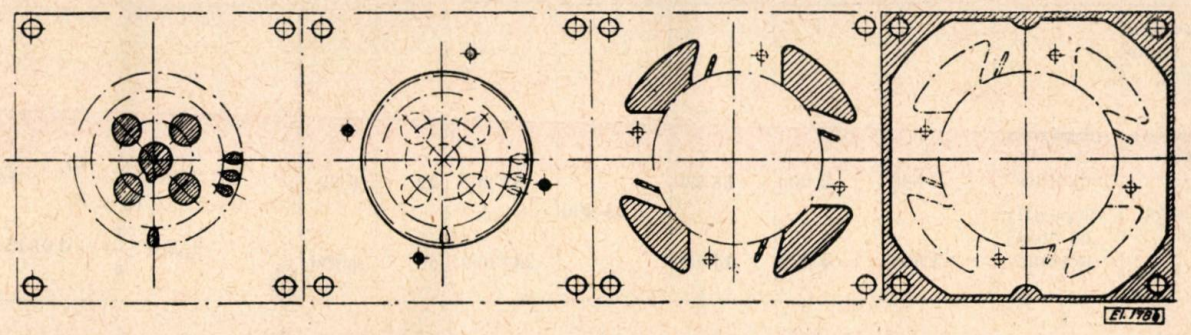


Fig. 4b. Ştanţarea tolelor cu matriţă în paşi.

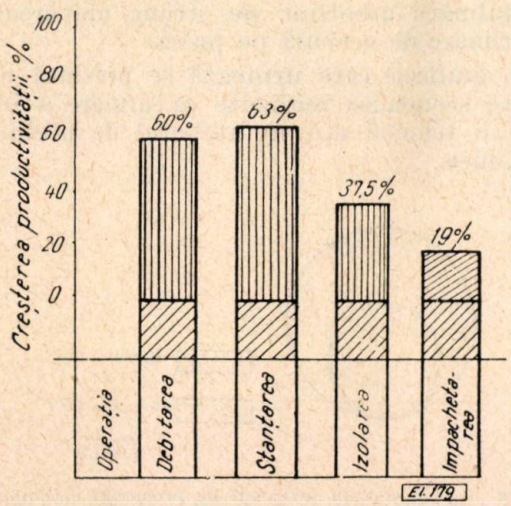


Fig. 5. Creşterea productivităţii muncii în procesul de confecţionare a circuitului magnetic.

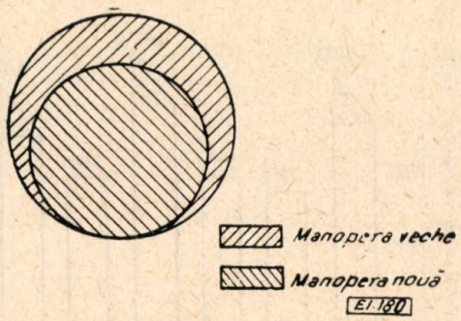


Fig. 6. Manopera în atelierul de ştanţare la rece.

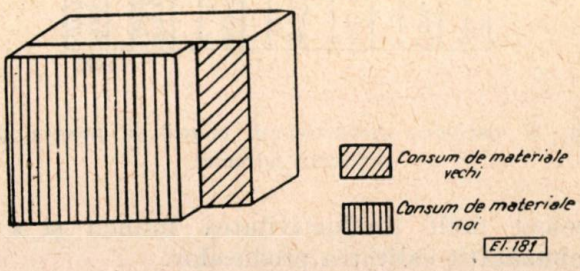


Fig. 7. Consumul de materiale în procesul de confecţionare a circuitului magnetic.

Din analiza datelor din tabelă rezultă că soluţiile tehnice adoptate sînt justificate de valorile efectelor economice ale celor două

Tabela 2

Procesul de confecționare a circuitului magnetic

Denumirea operației	Variantele tehnice	Efecte economice la producția anuală convențională $Q = 100\,000$ bucăți								Eficiența economică
		de bază				suplimentare				
		I_1, I_2	It_1, It_2	Ct_1, Ct_2	economii	producția anuală q_1, q_2	buc./h	salarii directe	economii la materiale pe produs	Indicatorii de eficiență
Debitare										
varianta veche	ghilotină	108 837	47 600	20 650	12 683	228 000	37,5	0,103		$e_i = \frac{It_1 - It_2}{It_1} 100 = 73{,}5\,\%$
Varianta nouă	foarfece cu role	71 976	12 550	7 967		572 000	93,8	0,041		$\Delta_R = \frac{Ct_1 - Ct_2}{Ct_1} 100 = 61\,\%$
Ștanțare tole										
varianta veche	presă 100 t	190 370	1 070 000	2 631 100	2 119 000	18 000	2,97	1,3		$\varepsilon = \frac{Ct_1 - Ct_2}{It_2 - It_1} = 1{,}95$
varianta nouă	presă cu avans automat	980 000	2 150 000	512 100		45 500	7,5	0,515	21,2	$\tau_{ani} = \frac{1}{\varepsilon} = 0{,}513$ ani
Dispozitiv de împachetat tole										
varianta veche	dispozitiv de împachetare	1 500	3 000	38 850	23 800	73 200	12	0,32		$\varepsilon = \frac{Ct_1 - Ct_2}{It_2 - It_1} = 18{,}3$
varianta nouă	dispozitiv cu dublă acțiune	4 300	4 300	15 050		244 000	40	0,096		$\tau_{ani} = \frac{1}{\varepsilon} = 0{,}0545$ ani

execuția arborilor și rotoarelor și a strungurilor-revolver pentru execuția scuturilor, a

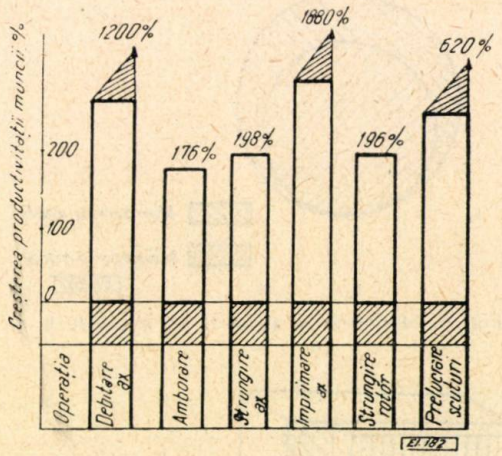


Fig. 8. Creșterea productivității muncii în procesul de prelucrări mecanice.

crescut mult productivitatea muncii și s-a îmbunătățit calitatea produselor.

La creșterea în mod deosebit a productivității muncii a contribuit schimbarea unor operații tehnologice de pe o mașină pe alta, ca de exemplu, trecerea debitării arborilor de pe strungul paralel universal pe presă și înlocuirea randalinării arborilor pe strung universal cu imprimare de nervuri pe presă.

În graficele care urmează se prezintă unele efecte economice realizate ca urmare a introducerii tehnicii noi în atelierul de prelucrări mecanice.

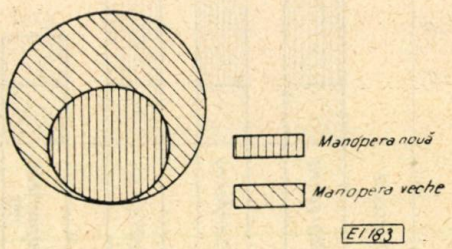


Fig. 9. Manopera în procesul de prelucrări mecanice.

Creșterea productivității muncii pe operații principale este prezentată în figura 8.

Reducerea volumului de manoperă pe ansamblul atelierului, la micromotorul considerat, rezultă din figura 9.

Calculul eficienței economice la operațiile în care s-a introdus tehnica nouă se prezintă în tabela 3.

Și la acest atelier se constată că termenele de recuperare ale investițiilor suplimentare și coeficienții de eficiență economică se încadrează în valorile normative, ceea ce confirmă aspectul economic al soluțiilor adoptate.

3. Procesul de bobinare constă în confecționarea bobinelor, execuția izolațiilor și montarea bobinelor pe pachetul de tole stator izolat.

Sub aspectul tehnicii noi s-a urmărit, în primul rînd, confecționarea mecanizată și simultană a mai multor bobine, rezultînd o creștere importantă a productivității muncii. S-a trecut și la confecționarea prin ștanțare a izolațiilor.

Tabela 3

Procesul de prelucrări mecanice

Denumirea operației	Variantele tehnice	Efecte economice la producția anuală convențională $Q = 100\,000$ bucăți								Eficiența economică
		de bază				suplimentare				
		I_1, I_2	It_1, It_2	Ct_1, Ct_2	economii	producția anuală q_1, q_2	buc/h	salarii directe	economii de materiale pe produs	indicatorii de eficiență
Debitare arbore										
varianta veche	strung paralel	38 750	19 500	16 890	15 599	198 000	32,6	0,118		$e_i = \frac{It_1 - It_2}{It_1} 100 = 93\,\%$
varianta nouă	presa 60 t	37 550	1 430	1 291		2 620 000	430	0,009		$\Delta_R = \frac{Ct_1 - Ct_2}{Ct_1} 100 = 92\,\%$
Amborare										
varianta veche	strung paralel	38 750	21 500	18 295	6 550	180 000	29,7	0,128		$\varepsilon = \frac{Ct_1 - Ct_2}{It_1 - It_2} = 0{,}483$
varianta nouă	mașină de amborat	176 300	35 000	11 745		500 000	82	0,047		$\tau_{ani} = \frac{1}{\varepsilon} = 2{,}07$ ani
Strunjire arbore										
varianta veche	strung paralel	38 750	56 500	53 150	21 070	68 300	11,2	0,380		$\varepsilon = \frac{Ct_1 - Ct_2}{It_2 - It_1} = 0{,}453$
varianta nouă	strung-copier	208 200	103 000	32 080		203 000	33,3	0,116		$\tau_{ani} = \frac{1}{\varepsilon} = 2{,}27$ ani
Imprimare pe ax										
varianta veche	randalinare pe trung	38 750	42 800	39 800	38 175	90 000	15	0,286		$e_i = \frac{It_1 - It_2}{It_1} 100 = 98\,\%$
varianta nouă	imprimare pe ax pe presă	13 200	790	1 625		1 680 000	300	0,0128		$\Delta_R = \frac{Ct_1 - Ct_2}{Ct_1} 100 = 96\,\%$
Strunjire rotor										
varianta veche	strung paralel	38 750	83 200	87 250	37 550	46 500	7,6	0,64		$\varepsilon = \frac{Ct_1 - Ct_2}{It_2 - It_1} = 0{,}547$
varianta nouă	strung copier	208 200	152 000	49 700		137 000	22,5	0,191		$\tau_{ani} = \frac{1}{\varepsilon} = 1{,}82$ ani
Prelucrare scuturi										
varianta veche	strung paralel	38 750	382 000	358 800	279 000	10 100	1,67	2,58		$e_i = \frac{It_1 - It_2}{It_1} 100 = 43{,}3\,\%$
varianta nouă	strung-revolver	157 500	217 000	79 800		73 000	12	0,36		$\Delta_R = \frac{Ct_1 - Ct_2}{Ct_1} 100 = 78\,\%$

In scopul organizării producției și muncii s-au defalcat operațiile procesului de bobinare pe faze tehnologice, deservite în ordinea fluxului

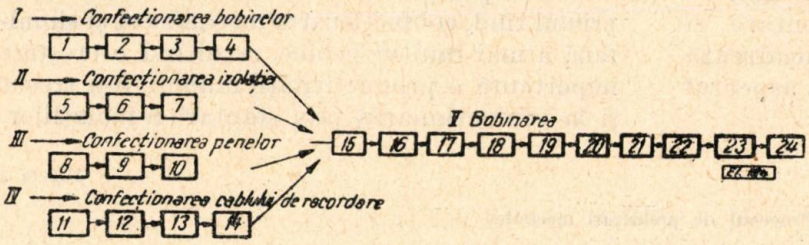


Fig. 10. Defalcarea procesului tehnologic de bobinare :

I. 1 — Confecționarea bobinelor pe mașină ; *2* — demontarea de pe șablon și legarea bobinelor ; *3* — verificarea numărului de spire ; *4* — îndoirea bobinelor. *II. 5* — Debitare fișii ; *6* — debitarea izolației între bobine și izolației pol ; *7* — ștanțarea izolațiilor laterale sub puntea magnetică. *III. 8* — Debitarea materialului lemnos ; *9* — confecționarea penelor ; *10* — impregnarea penelor. *IV. 11* — Debitarea cablului de racordare ; *12* — desizolarea capetelor ; *13* — capsarea ; *14* — cositorirea. *V. 15* — Izolarea pachetului de tole ; *16* — introducerea bobinelor și a izolațiilor ; *17* — introducerea punții magnetice ; *18* — introducerea penelor contra vibrațiilor ; *19* — legarea bobinelor și sudarea legăturilor, montarea cablurilor ; *20* — bandajarea ; *21* — controlul electric înainte de impregnare ; *22* — impregnarea și uscarea ; *23* — curățarea după impregnare ; *24* — verificarea electrică a statorului.

tehnologic de muncitori specializați, defalcare reprezentată în figura 10.

Noua formă de organizare a permis creșterea productivității muncii, reducerea volumului de muncă, normarea justă a muncii și îmbunătățirea calității producției.

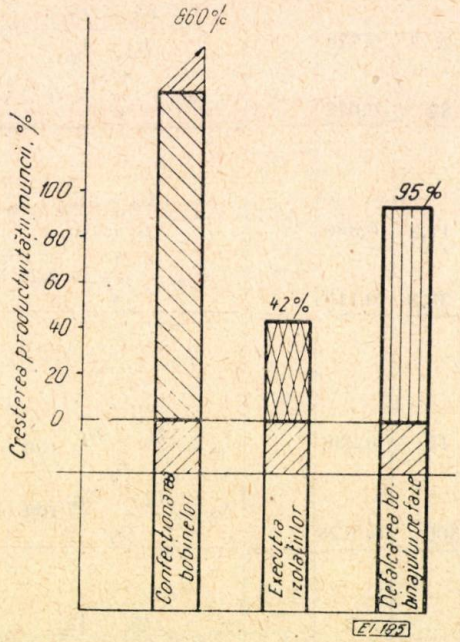


Fig. 11. Creșterea productivității muncii în procesul de bobinare

Din graficele întocmite rezultă efectele economice realizate.

Creșterea productivității muncii este redată în figura 11.

Reducerea volumului de muncă pe ansamblul atelierului la micromotorul MS-2, în proporție de 54,5%, este reprezentată grafic în figura 12.

Calculul eficienței economice la operațiile la care s-au efectuat investiții suplimentare se prezintă în tabela 4.

Valorile calculate pentru indicatorii de eficiență economică se situează mult sub limitele cifrelor normative.

4. Procesul de montaj se caracterizează, din punctul de vedere al progresului tehnic, prin organizarea lucrului în flux, pe bandă și prin dotarea locurilor de muncă cu utilaje pneumatice de montaj (prese mici, șurubelnițe etc.).

Defalcarea procesului pe operații, înzestrarea locurilor de muncă și plasarea lor în fluxul tehnologic de montaj se prezintă în figura 13.

Ca urmare a trecerii la montarea în flux a micromotoarelor MS-2 productivitatea muncii pe atelier a crescut cu 47,8 %, datorită specializării muncii și înzestrării corespunzătoare a locurilor de muncă.

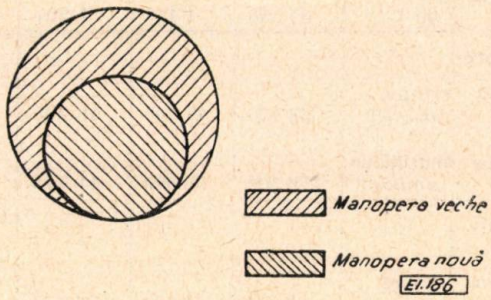


Fig. 12. Manopera în procesul de bobinare.

Reducîndu-se categoria medie de încadrare a operațiilor, datorită simplificării lor în producția în flux pe bandă, salariile directe s-au redus conform graficului din figura 14.

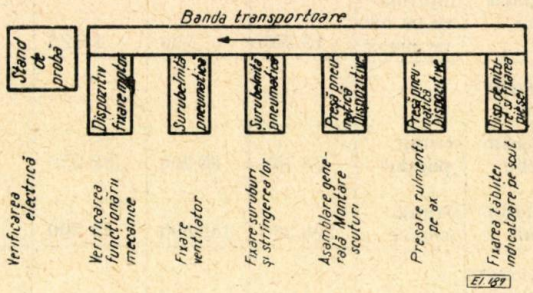


Fig. 13. Procesul de montare în fux.

Eficiența economică a procesului de montaj îmbunătățit rezultă din tabela 5. Datele din tabelă justifică volumul important al investiției

Tabela 4

Procesul de bobinare

Denumirea operației	Variantele tehnice	Efecte economice la producția anuală convențională $Q = 100\,000$ bucăți								Eficiența economică
		de bază				suplimentare				indicatorii de eficiență
		I_1, I_2	It_1, It_2	Ct_1, Ct_2	economii	producția anuală q_1, q_2	buc./h	salarii directe	economii de materiale pe produs	
Confecționarea bobinelor										
varianta veche	mașina de confecționat bobine, manuală	1 200	8 900	201 000		13 500	2,23	1,73		$\varepsilon = \frac{Ct_1 - Ct_2}{It_2 - It_1} = 9{,}85$
varianta nouă	mașina de confecționat bobine, mecanică (4 bobine simultan cu derulator)	35 000	27 000	23 200	177 800	130 000	21,4	0,180		$\tau_{ani} = \frac{1}{\varepsilon} = 0{,}102$ ani
Bobinare în flux										
varianta veche	mese de bobinaj	investiții suplimentare nu sînt		495 000	239 000	100 000	0,77	4,95		
varianta nouă	mese de bobinaj			256 000		100 000	1,5	2,56		$\Delta_R = \frac{Ct_1 - Ct_2}{Ct_1} 100 = 48{,}5\,\%$

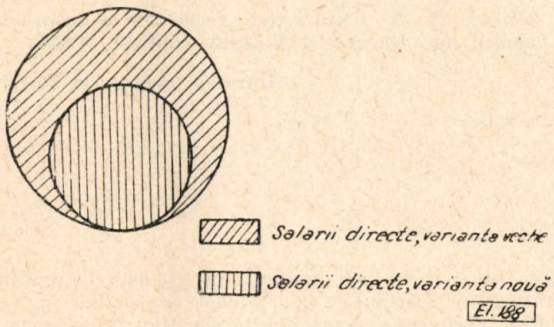


Fig. 14. Cheltuieli pentru plata muncii în procesul de montaj.

făcute pentru introducerea benzii de montaj, deoarece indicatorii de eficiență se încadrează în limitele normative.

Perspectivele introducerii tehnicii noi în fabricarea micromotoarelor la I.I.S. „Electromotor"

Există încă numeroase posibilități de introducere a progresului tehnic în procesele tehnologice analizate prin organizarea producției în flux în toate sectoarele de activitate și prin mecanizarea complexă a operațiilor de bază și a celor auxiliare.

În procesul de confecționare a circuitului magnetic, mecanizarea este posibilă și devine relativ simplă dacă se elimină operația de debavurare, care este perturbatoare în flux. Acest obiectiv se poate realiza prin folosirea matrițelor de ștanțare cu muchii de tăiere confecționate din carburi metalice, în care caz tolele se obțin fără bavuri, iar intervalul dintre două ascuțiri ale matriței crește apreciabil. Ca urmare a înlăturării operației de debavurare, procesul tehnologic mecanizat se poate desfășura astfel: tolele ștanțate sînt captate sub matriță pe un dispozitiv de conducere, pachetele care se formează sînt cîntărite automat și, de aici, sînt transportate mecanizat la operația de izolare a tolelor în pachet și la presa de împachetare.

Pentru mecanizarea complexă în atelierul de prelucrări este necesar, în primul rînd, plasarea tuturor operațiilor în ordinea fluxului tehnologic, utilizarea unor mijloace pentru deplasarea pieselor de la o mașină la alta și controlul mecanizat al pieselor executate. Aceste obiective sînt pe deplin realizabile în condițiile de fabricare în serie mare a micromotoarelor.

Tabela 5

Procesul de montaj

Denumirea operației	Variantele tehnice	Efecte economice la producția anuală convențională $Q = 100\,000$ bucăți								Eficiența economică
		de bază				suplimentare				
		I_1, I_2	It_1, It_2	Ct_1, Ct_2	economii	producția anuală q_1, q_2	buc./h	salarii directe	economii de materiale pe produs	indicatorii de eficiență
Montaj general										
varianta veche	mese de lucru	8 500	8 500	214 410	91 310	100 000	26	1,7621		$\varepsilon = \frac{Ct_1 - Ct_2}{It_2 - It_1} = 0{,}72$
varianta nouă	bandă de montaj transportoare	136 000	136 000	123 100		100 000	5	0,870		$\tau_{ani} = \frac{1}{\varepsilon} = 1{,}39$ ani

În cadrul operațiilor de bază există posibilitatea de a mecaniza sau a reduce timpii auxiliari prin folosirea strungurilor de copiat cu program, a mașinilor de rectificat fără centre, a unor mașini specializate pentru prelucrarea scuturilor.

În procesul de bobinare se poate trece la organizarea mai multor linii de fabricație pe bandă, la introducerea mașinilor de bobinat, la perfecționarea mijloacelor de control.

Deși la montarea micromotoarelor MS-2 s-a trecut la producția în flux, există încă rezerve interne, în cadrul acestui sector de activitate, pentru creșterea productivității muncii, prin modernizarea dispozitivelor de montaj prevăzute și executarea corespunzătoare a pieselor în celelalte ateliere. Pentru a mări gradul de utilizare a benzii de montaj, prin execuția unor dispozitive suplimentare, se poate transforma caracterul actual monovalent al producției în producție pe bandă polivalentă, adaptabilă și la montarea altor tipuri de micromotoare.

Introducerea continuă a tehnicii noi în fabricația micromotoarelor, justificată de indicatorii de eficiență economică, va duce la realizarea și depășirea sarcinilor de plan la toți indicatorii, la obținerea de economii de muncă materializată și muncă vie, obiective principale ale industriei socialiste.

Bibliografie

[1] *Konson, A. S.* Eficacitatea economică a introducerii tehnicii noi. București, Editura științifică, 1960.

Intrat în redacție la 20.I.1965

RECENZII

CZ 621.372.2.091 :621.316.1.015.3

S. A. Ulianov. **Procese tranzitorii electromagnetice în sistemele electrice.** Moscova-Leningrad, Editura Energhia, 1964.

Cartea se adresează aspiranților și studenților din facultățile de electrotehnică și energetică ale institutelor tehnice superioare și reprezintă o prelucrare fundamentală a cărții aceluiași autor: „Scurtcircuite în sistemele electrice", care a apărut în 1952.

Materialul este grupat în trei părți. Partea I este consacrată noțiunilor generale referitoare la procesele tranzitorii și metodele de calcul ale acestora, definițiilor diferitelor regimuri de scurtcircuit, puterii de scurtcircuit, sistemelor de unități relative. Această parte ocupă 58 pagini. Partea a II-a este destinată analizei problemelor proceselor tranzitorii în desfășurarea cărora se conservă simetria, sistemului: procesele tranzitorii în circuite trifazate simple, în circuite cuplate magnetic; regimuri de scurtcircuit permanent; influența reglajului automat al excitației; regimul de scurtcircuit la momentul inițial (reactanțe tranzitorii și subtranzitorii); ecuațiile generale ale proceselor tranzitorii în mașina sincronă cu poli aparenți în sistemul d.q.o. (forma operațională); reactanțele operaționale ale mașinii sincrone; forțarea excitației; scurtcircuit simetric instantaneu la bornele generatorului sincron; influența reciprocă dintre mașinile sincrone care funcționează în paralel în timpul proceselor tranzitorii; metode practice de calcul al proceselor tranzitorii.

Această parte este subdivizată în nouă capitole.

Partea a III-a examinează problemele principale ale proceselor tranzitorii nesimetrice. Se insistă asupra laturii fizice a proceselor, explicîndu-se apariția cortegiului de armonici spațiale superioare în mașina sincronă cu întrefier neuniform, condițiile de aplicare a metodei componentelor simetrice (Stokvis-Fortescue); parametrii de succesiune inversă și homopolară; schemele electrice echivalente; nesimetrii transversale, longitudinale; metode practice de calcul etc. Materialul expus în această parte se încheie cu un număr mare de anexe referitoare la parametrii mașinilor sincrone și asincrone, transformatoare, autotransformatoare, linii de transport, cabluri etc., caracteristice energeticii sovietice. Această parte este subdivizată în șapte capitole.

Bibliografia conține un număr de 145 referințe bibliografice, cea mai mare parte de limbă rusă.

Lucrarea conține un material bogat, bine ales, subordonat ideilor principale urmărite ; foarte clar și corect sînt scoase în evidență aspectele fizice ale problemelor, subliniindu-se concordanța dintre aspectul matematic și fizic al proceselor. Aparatul matematic folosit este actual și bine dozat. Insuficient de justificată, după părerea noastră, este alegerea sensurilor de referință pentru mașinile longitudinale și transversale din ecuațiile mașinii sincrone (Park). O lacună în această carte o constituie lipsa oricărei informații referitoare la schimbul de putere activă și reactivă între mașină și sistem. Cartea prezintă calități deosebite pedagogice, reușind să expună cele mai subtile părți ale proceselor tranzitorii simetrice și în special nesimetrice cu maximum de claritate și rigurozitate matematică. Fără îndoială că această carte va fi deosebit de utilă celor interesați.

V. N. Nedelcu

CZ 621.327.43 :628.978

* * * **Probleme de tehnică nouă în domeniul iluminatului electric.** In : Svetotehnika **10**, nr. 8, aug 1964, p. 3—29.

În acest număr se prezintă unele probleme noi din domeniul lămpilor cu fluorescență, într-o serie de șapte articole, după cum urmează :

Krasnopolski, A. E. *Stadiul actual și perspectivele de dezvoltare a producției de startere pentru lămpi cu fluorescență* (Sostoianie i perspektivi razvițiia proizvodstva puskoreguliruiușcih apparator dlea liuminișțentnîh lamp).

Se prezintă șase tipuri de startere pentru scheme cu una sau cu două lămpi cu fluorescență, cu puteri de 15—40 W. Pentru aceste tipuri de aparate se indică : puterea lămpii, pierderile în starteri, tensiunea de alimentare, factorul de putere, curentul absorbit și o serie de caracteristici de construcție.

Litvinov, V. S. și Prozorova, M.S. *Despre siguranța în funcționare a lămpilor cu fluorescență în schema cu starter* (O nadioînosti raboti liuminești entnîh lamp v starternîh shemah).

Analizîndu-se condițiile de funcționare a lămpilor cu fluorescență și ținîndu-se seamă și de șocurile de tensiune care apar la aprindere, se indică un număr de ore de funcționare a lămpilor de circa 5 000. S-au ridicat curbele de variație a numărului de lămpi rămase în funcțiune, folosindu-se date statistice în următoarele ipoteze : arderea continuă cu o singură pornire cu starter ; experimentarea la diferite durate ale ciclului pornire-oprire și în condiții grele, la care nu apar cicluri cu durate constante de aprindere. Durata de serviciu a lămpilor se reduce la jumătate în ultimul caz de experimentare. Se cercetează influența tensiunii de alimentare a regimului termic și a altor factori asupra duratei de funcționare a lămpilor.

Afanasieva, E. I. *Schemă fără starter, cu transformator de încălzire și condensator* (Besstarternaia shema s nakalnîm transformatorom i kondensatorom).

Se propune o schemă fără starter în care rămîne bobina cu miez de fier, folosindu-se un transformator de încălzire și un condensator înseriat cu înfășurarea primară a transformatorului, prevăzut și cu o înfășurare de compensare. Se studiază regimul permanent și tranzitoriu privind tensiunea de alimentare și curentul absorbit. Condensatorul prin descărcare dă șocul necesar amorsării arcului și îmbunătățește factorul de putere. Se calculează capacitatea condensatorului necesară compensării puterii reactive necesare bobinei cu miez de fier. Date experimentale ilustrează comportarea schemei în diferite condiții practice.

Sciukin, L. L. *Noi sisteme de startere pentru lămpi cu descărcări în arc* (Novîe puskoreguli ruiurșcie apparatî dlea lamp, D.R.L.).

Se prezintă performanțele schemelor de pornire pentru lămpi de 250—1 000 W, alimentate la 220 V curent alternativ. Schema de pornire cuprinde un transformator cu două înfășurări primare și două secundare ; două rezistențe ; un condensator pentru îmbunătățirea factorului de putere ; două condensatoare de cuplaj legate între înfășurările primare și pămînt, o diodă redresoare și o lampă-starter. Pornirea se bazează pe regimul tranzitoriu al schemei. Se prezintă și variante ale schemei pentru pornirea simultană a mai multor lămpi.

Troițki, A. M. *Metoda de coordonare a regimurilor de pornire și de lucru la schemele cu startere de rezonanță, la frecvențe înalte* (Metod soglasovaniia puskovogo i rabocego regimov rezonansnîh P.R.A. na povîsennoi ceastote).

În cadrul metodei se prezintă următoarele etape :

— elaborarea schemei de pornire cu fluorescență ;

— stabilirea schemei electrice echivalente simplificate de pornire ;

— determinarea tensiunii și curenților în ramurile schemelor prezentate.

Se studiază regimul tranzitoriu și cel permanent. Se stabilesc legile de variație a reactanțelor din schemă la schimbarea parametrilor inițiali. Calculul se face pentru regimul de rezonanță cuprins între 400 și 800 Hz. Se stabilește valoarea optimă a parametrilor circuitului de alimentare.

Krasnopolski, A. E. *Transformarea aparatului cu starter în aparat fără starter* (Kak peredelati starternîi apparat v besstarternîi).

Schemele elaborate se referă, în special, la lămpile cu fluorescență. Impulsul de tensiune pentru amorsare se realizează de un sistem inductanță-capacitate, inductanța fiind o înfășurare secundară a transformatorului de alimentare. Se studiază două variante de scheme pentru alimentarea în curent alternativ de 50 Hz la 380/220 V și pentru puteri de 40—80 W.

Diakonova, E. A. *Aparate pentru pornirea rapidă fără starter a lămpilor cu fluorescență* (Besstarternîe puskoreguliruiuscie apparatî dlea bîstrogo zajiganîia liuminești entnîh lamp).

Pentru ușurarea condițiilor de aprindere se aplică pe suprafața exterioară a lămpilor cu fluorescență o bandă metalică ce micșorează tensiunea de amorsare a arcului, avînd rolul electrodului auxiliar. Se descrie o schemă de pornire care conține o bobină cu miez de fier, condensatorul de compensație și, în plus, față de schemele discutate, un transformator special de pornire. Cele trei elemente sînt compacte fiind așezate într-un ambalaj special, care poate fi montat lîngă o lampă cu fluorescență de 40 W la 220 V. Se mai indică o schemă similară, care poate fi utilizată pentru pornirea simultană a două lămpi cu fluorescență.

Numărul se încheie cu 21 de referințe bibliografice privind cele mai recente cercetări în problemele de proiectare, construcție și exploatare a lămpilor cu fluorescență.

A. Carabulea

CZ 518.5 :621.374—3

H. D. Leeds. și G. M. Weinberg. **Bazele programării calculatoarelor** (Computer programming fundamentale). New York, Mc Graw Hill, 1961, 368 pag.

Calculatoarele numerice au pătruns în toate domeniile aplicațiilor tehnice și științifice, putînd fi considerate, după energia nucleară, drept cea mai importantă descoperire a secolului nostru. Dar această descoperire este totuși suficient de recentă încît un grup important de tehnicieni să nu fie încă familiarizați cu acest nou și foarte important dispozitiv de calcul. Autorii cărții și-au propus următoarele obiective : 1) să facă posibil cititorului să citească literatura științifică referitoare la calculatoare ; 2) să permită cititorului, dacă are probleme care impun utilizarea calculatoarelor numerice, să poată face o formulare compatibilă cu programarea calculatorului ; 3) să permită cititorului literaturii referitoare la diferite sisteme de calcul și programare să fie în deplină cunoștință de cauză și să poată alege metoda cea mai convenabilă ; 4) să permită cititorului cărții, în cazul că utilizează un anumit calculator numeric, să învețe cu ușurință programarea respectivă din manualele speciale pentru calculatorul respectiv. Introducerea materialului este progresivă, cu discuții ample ; autorii introduc diferitele probleme în mod

progresiv şi opinează pentru o însuşire lentă a materialului pentru ca cititorul să poată înţelege în mod atotcuprinzător subiectul respectiv.

Capitolele cărţii sînt următoarele. Cap. 1. Ce este un calculator. Cap. 2. Cum se utilizează calculatorul. Cap. 3. Diagrame bloc. Cap. 4. Clasificarea instrucţiunilor. Cap. 5. Iniţiere în problema introducerii şi extragerii datelor. Cap. 6. Procesul de înregistrare a datelor. Cap. 7. Subrutine (subprograme). Cap. 8. Tipuri de subprograme. Cap. 9. Blocul de calcul (aritmetic). Cap. 10. Verificarea programelor. Cap. 11. Probleme ale utilizării productive a calculatorului.

Expunerea materialului din carte nu este grefată pe un calculator specific, dar adresele şi alte dispozitive luate în considerare sînt cele ale calculatorului IBM 7090.

Cartea prezentată are marele avantaj că poate fi citită cu uşurinţă de toţi şi, în special, de aceia care nu au avut de-a face cu vreun calculator numeric. Acela ce parcurge cu răbdare cele 368 pagini cîştigă acea idee generală necesară oricui vrea să abordeze o anumită disciplină nouă, în speţă posibilitatea utilizării calculatoarelor numerice.

A. Rothman

REFERATE

CZ 621 *Tehnică generală*

CZ 621–1.001.1

Bandyopadhyay, A. K. **Introducere la conceptul inginerese de teorie a maşinii generalizate. II.** Un rezumat al ipotezelor fundamentale ale analizei maşinii electrice şi dezvoltarea bazelor teoriei generalizate. In : The Matrix and Tensor Quarterly, vol. **15**, nr. 1, sept 1964, p. 6–23.

Se prezintă ipotezele care stau la baza construirii teoriei generalizate a maşinii electrice, şi anume : 1) circuitul magnetic nu este saturat ; 2) f.m.m. şi densitatea de flux sînt distribuite sinusoidal la periferia întrefierului ; 3) întrefierul este uniform ; 4) circuitele maşinii, deşi fizic sînt distribuite, pot fi reprezentate prin constante concentrate şi li se poate aplica teoria circuitului. Se arată diferenţa care există între un circuit static şi o maşină rotativă : circuitul static are totdeauna asociat o tensiune unui curent, pe cînd într-o maşină rotaţia mecanică poate produce o f.e.m. ; posibilitatea de a stabili o schemă echivalentă, care există în orice condiţii pentru un circuit static nu există în toate cazurile pentru o maşină rotativă. Teoriile generalizate se bazează pe următoarele principii : a) înfăşurările pot fi simulate prin rezistenţe şi inductanţe concentrate, cu neglijarea capacităţii la frecvenţă industrială ; b) inductanţa totală, reală sau echivalentă, a unui circuit este definită ca fluxul total pe curentul unitar asociat acestui flux ; c) fluxul total din maşină este divizat în mai multe părţi (o parte din flux este legată de transferul de energie şi restul este împărţit în diferite fluxuri de scăpări ; fiecărui flux de scăpări i se asociază o reactanţă) ; d) înfăşurările reprezentate prin diferite reactanţe sînt legate electric, formînd unul sau mai multe circuite ; în scopul de a obţine astfel de legături, parametrii circuitului sînt de multe ori transformaţi, determinînd parametrii echivalenţi în ipoteza că puterea din circuit rămîne invariantă ; e) circuitele echivalente pentru regimul staţionar echilibrat (simetric) sînt simplificate, folosind cantităţi pe fază. Teoria generalizată a maşinii electrice este constituită de studiul tuturor transformărilor circuitelor electrice care trebuie să satisfacă următoarele trei condiţii : 1) transformarea variabilelor trebuie să fie reversibilă ; 2) variabilele introduse nu trebuie să schimbe energia totală asociată sistemului ; 3) grupul de variabile care definesc un sistem fizic trebuie transformat la alt grup de variabile independente (cum ar fi componente simetrice, componente α, β, 0 sau d, g, 0 etc.). Aceste condiţii de invarianţă arată caracterul tensorial al ecuaţiilor maşinii generalizate. Se arată în continuare modul de stabilire a ecuaţiilor generalizate, spre exemplu, pentru o maşină sincronă cu poli aparenţi. Se arată, de asemenea, că aceste ecuaţii duc la noţiunea de matrice impedanţă a unei maşini şi se explicitează transformarea tensorială a acestui operator. Se arată în sfîrşit că în cazul în care această matrice este simetrică se poate stabili un circuit echivalent.

A. R.

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.001.2 :518.5 :621.374–3

Formica, G. **Cîteva aplicaţii ale unui calculator numeric la proiectarea maşinilor electrice mari.** In : L'Elettrotecnica, vol. **51**, nr. 9, sept 1964, p. 649–667.

Se descriu organizarea şi modul de folosire a Centrului de calcule numerice al companiei generale de electricitate. Utilizînd un calculator numeric pentru proiectarea diferitelor maşini electrice mari, Centrul a trebuit să facă faţă pregătirii unor programe specifice. Beneficiarul defineşte problema, iar Centrul de calcule face analiza ei, programarea ei (analiza numerică), codificarea ei (programe şi limbajul pentru codificare automată) şi execută şi probele ; beneficiarul examinează rezultatele probelor şi eventual cere noi completări. Centrul utilizează un calculator Remington Rand USS 90 cu o capacitate de 5 000 de adrese, din care 4 000 cu un timp mediu de acces de 1,7 ms şi 1 000, cu un timp de acces de 0,425 ms.

Se descriu diferitele programe elaborate, cum ar fi : programul pentru verificarea motoarelor asincrone, programul pentru proiectarea maşinilor de curent continuu, programul pentru proiectarea transformatoarelor. Se arată ciclurile iterative folosite şi se dă un exemplu de dimensionare a unui transformator. Prezentarea este excelentă şi de mare claritate.

A.R.

CZ 621.313.223.047.2 :621.314.6

Kaufman, N. **O călăuză pentru utilizarea motoarelor de curent continuu alimentate cu curent redresat** (An application guide for the use of D.C motors on rectified power). In : I.E.E.E. Trans. Power App. and Syst. **83**, nr. 10, oct 1964, p. 1006–1009, 10 fig.

Alegerea şi folosirea unui motor de curent continuu care va fi alimentat cu curent redresat constituie o problemă des întîlnită de inginerii care se ocupă de acţionări cu viteze variabile. Este necesar să se ţină seamă de efectul pe care îl are variaţia intensităţii curentului absorbit asupra comutaţiei. Lucrarea arată cum se pot obţine datele prin încercările de comutaţie obişnuite, cum să fie transformate acestea într-o formă utilă.

Se dau indicaţii sumare asupra metodei denumită „banda neagră", de care autorul s-a folosit în lucrările descrise. Şi această metodă depinde de constatarea vizuală a apariţiei unor scîntei, nefiind deci un criteriu absolut, deoarece prezenţa unor scîntei nu înseamnă în mod obligator o comutaţie nesatisfăcătoare. Încercarea „banda neagră" este folosită pentru a determina, la un motor de curent continuu alimentat cu curent redresat, posibilitatea unei bune comutaţii.

Se poate stabili un nivel de comutaţie acceptabilă, pe baza căruia să se definească ondulaţiile permise curentului de alimentare. Curba comutaţiei acceptabile în funcţie de ondulaţiile curentului absorbit, împreună cu caracteristica puterii utile în funcţie de turaţie, pot servi în mod util la optimizarea comutaţiei : putere absorbită, bobină de reactanţă, motor.

H. A.

CZ 621.313.332.2.017.31/39 :621.3.013.5

Schwartz, K. K. **Prezentare sumară a problemei pierderilor suplimentare în motoare de inducţie cu rotor în scurtcircuit.** In : Proc. I.E.E., vol. **111**, nr. 9, sept 1964, p.1565—1574.

Se consideră că este necesar să se pună la punct o metodă de determinare experimentală a pierderilor suplimentare. Literatura tehnică de pînă acum nu oferă o rezolvare adecvată acestei probleme. Scopul articolului este să analizeze, în lumina literaturii de specialitate, bazele teoretice ale metodei de încercare şi să schiţeze care ar fi această metodă. Se face o clasificare a pierderilor suplimentare în două categorii : cele provocate de variaţia fluxului principal (3 componente) şi cele datorite fluxului de scăpări (6 componente), şi se analizează natura lor (pierderi de suprafaţă, pierderi datorite mişcării relative a dinţilor statorului şi rotorului, pierderi provocate de inducerea unor curenţi în rotor de către armonicile fluxului de scăperi din întrefier etc.). Dacă natura fizică a acestor pierderi a fost reţinută, atunci se poate determina influenţa lor cantitativă folosind metode semiempirice. Două metode sintetice de încercare se au în vedere, şi anume : rotaţia inversă şi metoda de scurtcircuit comparînd maşina asincronă cu cea sincronă (metoda Linkh).

O discuţie critică a acestor metode este demonstrată teoretic şi prin încercări făcute pe motoare din seria 400 CP-4 poli ÷ 1 700 CP-8 poli. Se arată importanţa izolării coliviei în scopul de a evita pierderile prin curenţi de circulaţie. O cercetare directă pe un motor de 1 500 CP-4 poli indică efectele ce se obţin la aplicarea acestei măsuri. Specificaţiile standardului britanic BS 269 admit 0,5 % pierderi adiţionale la plină sarcină şi această valoare este desigur corectă la maşini mari care au randamente de 95 % şi mai mari. Pentru maşini mici, pierderile suplimentare mărite procentual (adică peste 10 % din totalul pierderilor) ar putea trece neobservate, datorită efectului lor mai redus asupra încălzirii. Se propune fixarea unei valori de 10 % din pierderile totale pentru pierderile suplimentare.

A. R.

CZ 621.313.333.017.8.003.1

Cerniţi, I. A. **Determinarea utilizării optime a motoarelor asincrone subîncărcate** (Opredelenie telesoobraznosti zamenî nezagrujennîh asinhronnîh dvigatelei). În : Promîşlenaia Energhetika **19**, nr. 7, iul 1964, p. 10—14, 3 fig., 3 tabl., 9 ref. bibl.

Încadrarea problemei se face cu precizările că o subîncărcare a motoarelor asincrone destinate acţionărilor implică pierderi suplimentare de putere şi un factor de putere relativ scăzut. Prin introducerea unui coeficient economic de echivalenţă a puterii reactive absorbite de motorul subîncărcat se calculează puterea echivalentă totală care înlesneşte punerea în evidenţă a pierderilor de putere suplimentară, intervenite în practică.

Se calculează apoi randamentul total al instalaţiei de acţionare, ţinînd seamă de aceste pierderi suplimentare. Calculele indică un randament cu 20 % mai scăzut decît la încărcarea motoarelor asincrone cu puterea lor nominală. Autorul preconizează o serie de soluţii pentru remedierea acestor neajunsuri. Înlocuirea motoarelor subîncărcate cu motoare asincrone de puteri mai mici nu este întodeauna avantajoasă. Pentru determinarea soluţiei optime din punct de vedere tehnico-economic este necesară compararea economiei rezultată din înlocuirea motoarelor subîncărcate cu investiţiile pentru efectuarea acestei lucrări. Autorul ţine să precizeze că la calculul economic de înlocuire trebuie să se ţină seamă şi de faptul că la noile motoare asincrone care le înlocuiesc pe cele subîncărcate, factorul de putere este îmbunătăţit. După părerea autorului, de acest aspect depinde corectitudinea calculului.

A. C.

CZ 621.313.333.077.4

Shepherd, W. **Condiţii de tensiune şi impedanţă pentru inversări de mers rapide ale motoarelor de inducţie, inclusiv reglajul prin saturistoare** (Voltage and impedance condition for rapid, plugging of induction motors including saturistor control). În : Proc. Instn. electr. (Engrs., vol. **111**, nr. 10, oct 1964.

Timpul accelerării sau frînării unui motor de inducţie polifazat, cînd se schimbă ordinea fazelor la alimentarea statorului sau cînd se modifică brusc tensiunea de alimentare, poate fi estimat cu ajutorul curbei inverse a cuplului activ în funcţie de viteză. Se arată relaţiile, deduse atît teoretic, cît şi confirmate pe cale experimentală, dintre durata fenomenului şi curba caracteristică cuplu/viteză. După o sumară expunere a efectului variaţiei impedanţei în circuitul rotorului, se trece la reglajul prin saturistor. În anexă se descrie un saturistor ca fiind un reactor care are în circuitul magnetic porţiuni de material magnetic tare, ca de exemplu Alnico. Se arată principiul, condiţiile şi caracteristicile de funcţionare a unui saturistor trifazat, construit pentru a funcţiona cu un motor de inducţie. Pînă la 25 A, pierderile prin histerezis sînt mici şi atît rezistenţa, cît şi reactanţa rămîn, practic, constante. Pentru o magnetizare corespunzînd la 25 A, permeabilitatea părţii din Alnico creştere brusc de la 3,5 la 20. Stabilirea pierderilor prin histerezis pentru aceste fluxuri mari produce o creştere a factorului de putere. După ce curentul devine destul de mare pentru a satura porţiunile de Alnico caracteristica impedanţei începe să scadă. Pentru a utiliza saturistoare pentru schimbări rapide de viteză, este bine să se aleagă saturistoare de mare impedanţă cu tensiune aplicată mărită. Prin această metodă s-au obţinut schimbări de viteză mult mai rapide decît prin oricare alta, curentul fiind apreciabil scăzut. De asemenea, raportul cuplu/curent este ameliorat.

Se mai arată că se preferă aplicarea tensiunilor echilibrate în cazul în care este vorba de inversări rapide de sens.

H. A.

CZ 621.313.333.043.3.011.3 :621.3.018.141

Krishnamurthy, M. R. **Determinarea directă a impedanţei rotorice şi a factorului de putere a maşinilor de inducţie ca frîne dinamice de curent continuu** (D. C. dynamic braking for direct determination of rotor impedance and power factor of induction machines). In : Proc. Instn. elect. Engr., vol. **111**, nr. 7, iul 1964, p. 1299—1304.

În articol se prezintă o nouă metodă pentru determinarea din încercări a reactanţei de scăpări rotorice şi a rezistenţei unui motor trifazat de inducţie tratat ca o frînă dinamică de curent continuu. Repartiţia fluxului staţionar sinusoida în întrefier este obţinută prin aplicarea, la bobinajul statorului, a unui curent continuu corespunzînd cu curent alternativ trifazat. Distribuţia spaţială a fluxului în întrefier în lungul periferiei este determinată cu ajutorul unor bobine-sonde lipite pe marginile crestăturilor şi cuprinzînd miezul statoric. Măsura distribuţiei fluxului se face atunci cînd rotorul este calat şi cînd este antrenat ca o frînă dinamică de curent continuu. Teoria metodei este următoarea. Dacă pentru o viteză dată se cunosc curentul statoric, curentul de magnetizare şi decafazarea între ei, curentul secundar de echilibrare poate fi obţinut ca diferenţa vectorială a primilor doi. De asemenea, atunci cînd curba de magnetizare a maşinii este disponibilă, se poate determina fluxul în întrefier şi deci mărimea şi poziţia vectorului tensiunii induse în rotor. Cu aceste date se pot calcula rezistenţa şi reactanţa de scăpări ale rotorului pentru o anumită viteză. Astfel, pentru oricare viteză este necesar să se stabilească experi-

mental mărimea şi direcţia următorilor vectori spaţialo-temporali ai motorului de inducţie : curentul de magnetizare, curentul primar şi fluxul magnetic pe pol. Dar cum axa polului fundamental este şi axa vectorului curentului de magnetizare în spaţiu, scopul cercetării experimentale va fi : a) curba de saturaţie a maşinii ca frînă de curent continuu ; b) vectorul curent primar la o anumită viteză ; c) vectorul fluxului fundamental la o anumită viteză. Mai departe metoda este verificată comparînd performanţele deduse dintr-un calcul bazat pe datele obţinute experimental, aşa cum s-a arătat mai sus cu performanţele obţinute din încercarea în sarcină. În concluzie, această metodă experimentală este universală în sensul că ea poate fi aplicată la toate maşinile de inducţie, inclusiv rotoarele cu bare înalte, rotoarele cu dublă colivie, rotoarele masive, la care rezistenţa variază cu frecvenţa din rotor.

H. A.

CZ 621.317 ***Aparate de măsură***

CZ 621.317.753.015.3 :621.314.6

Fischer, J. ş.a. **Perturbograf pentru instalaţii de redresare** (Ein Störungschreiber für Stromrichteranlagen). În : Elektrie **18**, nr. 7, iul 1964. p. 220—224, 11 fig., 5 ref. bibl.

După prezentarea unor aspecte care clarifică fenomenele fizice legate de problema tratată, autorul arată că perturbograful este folosit în instalaţiile de redresare şi în special în cele cu redresoare cu mercur la care perturbaţiile sînt mai frecvente. Cauzele perturbaţiilor pot fi : proasta comandă prin grilă, defectele interne în tuburile electronice folosite ; variaţia parametrilor electrici şi a mărimilor de alimentare. Deşi perturbaţiile nu au un caracter permanent, practica vine să confirme că înregistrarea acestora este necesară în vederea detectării cauzelor care le provoacă şi a evitării repetării lor.

Se calculează mărimile care intervin la alimentare, se precizează gama de variaţie a tensiunii de alimentare, ţinîndu-se seamă, în special, de parametrii electrici şi dimensionali ai instalaţiei de redresare. Se descriu schema-bloc şi schemele desfăşurate ale etajelor componente — echipate cu semiconductoare ale aparatului prezentat. Perturbograful este prevăzut cu un sistem de rotire a fazelor, cu două camere de luat vederi, cu două oscilografe, cu un amplificator diferenţial, cu patru traductoare, cu patru etaje adiţionale şi un multivibrator. Domeniul de măsurare a aparatului se extinde cu ajutorul unor divizoare de tensiune. Se dau detalii cu privire la modul de alimentare cu energie ; la condiţiile în care trebuie efectuate măsurările, şi se arată cum se determină mărimile de intrare în oscilograf. La sfîrşitul articolului se prezintă o serie de oscilograme şi se dau rezultate experimentale.

A. C.

SCURTE STIRI

Primele grupuri de 500 MW. Două dintre grupurile de 500 MW, primele cu această putere, sînt aproape terminate la fabricile Parsons şi English Electric. Ele sînt destinate pentru centrala Ferrybridge C. şi centrala West Burton. Se prezintă fotografii ale celor două unităţi.

Din : Electrical Times, vol 146, nr. 27, 1964.

Construcţiile de uzine electrice în Cuba. Conform proiectelor sovietice se construiesc în Cuba, în prezent, două uzine electrice mari. Una dintre ele, de o putere de 200 MW, este în apropierea Havanei, iar a doua, de o putere de 100 MW, în regiunea Santiago. La lucrări participă o serie de specialişti sovietici. După terminarea acestor construcţii, puterea totală instalată a uzinelor din Cuba va spori aproape cu o treime.

Din : Electrotehnik, Praga, nr. 5, 1964.

Utilizarea practică a motoarelor trifazate asinerone în exploatarea monofazată. Rezultatele cercetărilor efectuate la Institutul electrotehnic al Academiei de Ştiinţe a R. S. S. Ucraineană au arătat posibilitatea utilizării practice a motoarelor asincrone trifazate, în exploatare monofazată fără scăderea puterii. În acest scop s-a făcut o instalaţie suplimentară cu condensatoare, care se montează la motoare de seria A cu puterile de 1,0—1,7—2,8 şi 4,5 kW.

La încercările în colhozuri, unde a lucrat şi în mediu cu umiditate relativ înaltă, instalaţia introdusă s-a comportat foarte bine.

Din : Promîşlennaia energetika, nr. 2, 1964.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU ; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Academiei R.P.R. ; acad. dr. ing, A. AVRAMESCU — redactor responsabil ; ing. V. BUNEA ; ing. V. CIOFU ; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU ; ing. AL. GRECEANU ; ing. ŞT. GROSU ; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct ; conf. ing. G. LAZARIDE ; ing. A. POPA ; prof. ing. CRISTINA POPESCU ; ing. VL. POPOVICI ; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET ; ing. ST. ŢIGANETEA ; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon : 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual ; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri : lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr 23—25, Bucureşti, c. 729. Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/727/1965.

41 400

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1983

OMSZ MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1963

SOMMAIRE

CONTENTS

CD 538.1 :517.9 :621.3.011.1

Avramescu, A. : **Contributions à l'appréciation synthétique des phénomènes transitoires.**

Electrotehnica 13, no. 4, avril 1965, p. 121–128

L'auteur démontre qu'il est possible de déduire le comportement d'un système physique (ou particulièrement électrique) soumis à des forces ou à des excitations extérieures, sans devoir résoudre les équations différentielles pour la variable d'état envisagée, si, en appliquant des méthodes courantes pour la synthèse des systèmes automatiques, on étudie la fonction de transfert respective, ainsi que ses dérivées successives, à proximité de l'origine du plan complexe et pour des arguments très grands. En considérant les valeurs qui correspondent à la variation des paramètres, on peut établir synthétiquement le comportement transitoire optimum du système, pour un certain laps de temps, et tirer des conclusions très utiles pour les applications pratiques.

CD 621.313.322–81.041.1

Corlăţeanu, V. et *Rothman, A.* : **Tendances actuelles concernant la construction des turbogénérateurs.**

Electrotehnica 13, no. 4, avril 1965, p. 128–139

On présente et l'on examine les facteurs limitatifs, et notamment : le poids, le volume et les conditions technologiques pour forger le roteur des turbogénérateurs de grande puissance que l'on construit actuellement.

On expose les réalisations modernes se rapportant à chaque système de refroidissement et l'on montre, pour conclure, quelques solutions pour les unités les plus puissantes dont les projets sont en cours d'exécution.

CD 621.317.333.82.072.9,001.24+002.2

Costina, D. et *Marinescu, A.* : **Dispositifs de synchronisation pour les installations à tension d'impulsion. Le calcul et la construction.**

Electrotehnica 13, no. 4, avril 1965, p. 139–150

On présente quelques solutions modernes utilisées dans le laboratoire de haute tension des Usines „Electroputere" de Craiova, en vue de la synchronisation des installations à tension d'impulsion.

CD 621.313.17 :621.312.003.1 (498) EMT

Toma, I., Crăciunescu, V. et *Cocîrlă, T.* : **L'efficacité économique de l'introduction de la nouvelle technique dans la fabrication des micromoteurs, à l'entreprise „Electromotor" de Timişoara.**

Electrotehnica 13, no. 4, avril 1965, p. 151–160

Dans cet article, les auteurs traitent la méthodologie du calcul de l'efficacité économique de l'introduction de la nouvelle technique dans l'industrie de la construction des machines, en considérant aussi la possibilité de surcharger les moyens de production. On examine les effets économiques ainsi que l'efficacité de l'introduction de la nouvelle technique dans la fabrication des micromoteurs à l'entreprise „Electromotor". L'étude a un caractère général, pouvant servir comme guide pour la détermination de l'efficacité économique de l'introduction de la nouvelle technique dans l'industrie de la construction des machines.

COMPTES RENDUS 160–162

EXTRAITS 162–165

BRÈVES NOUVELLES 165

DC 538.1 :517.9 :621.3.011.1

Avramescu, A. : **Contributions to a synthetical aproach of transient phenomena.**

Electrotehnica 13, nr. 4, april 1965, p. 121–128

The author shows, that the transient behaviour of physical (in particular electrical) systems under the influence of outward forces or excitations can be obtained without the solution of the differential equations for the peculiar state variable if, according to methods developped for automatic control synthesis, the correspondent transfer function and its successive derivatives are analysed near the origin of the complex plan and for great amplitudes. The system's optimum transient behaviour in time can be forcast from these values under variation of the system parameters, deducing very useful conclusions for practical applications.

DC 621.313.322–81.041.1

Corlăţeanu, V. and *Rothman, A.* : **Some present trends in the construction of turbo-generators.**

Electrotehnica 13, nr. 4, april 1965, p. 128–139

The limitative factors including the weight, volume and technological conditions of rotor forging are presented and examined for the high-power turbo-generators now under construction.

Some up-to-date achievements are described for each cooling system and several solutions suggested for the highest power units now under design.

DC 621.317.333.82.072.9,001.24+002.2

Costina, D. and *Marinescu, A.* : **Synchronizing devices for voltage surge generators. Calculus and construction.**

Electrotehnica 13, nr. 4, april 1965, p. 139–150

Some up-to-date solutions adopted by the high-tension laboratory of the „Electroputere" works in Craiova for the synchronization of voltage surge generators are presented.

DC 621.313.17 :621.312.003.1(498)EMT

Toma, I., Crăciunescu, V. and *Cocîrlă, T.* : **The economic efficiency of the introduction of modern technics in manufacturing the micromotors at the „Electromotor"–Timişoara enterprise.**

Electrotehnica 13, nr. 4, april 1965, p. 151–160

The calculation methods of the economic efficiency of up-to-date technics introduction in the machine – building industry are analysed in the light of the production means loading possibilities. The economic effects and efficiency of modern technics in manufacturing micromotors at the „Electromotor" enterprise are followed. The study has a general character, being utilizable as a guide for determining the economic effectiveness of up-to-date technics in the field of the machine – building industry.

REVIEWS 160–162

ABSTRACTS 162–165

BRIEF NEWS 165

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.313

MAŞINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ŞI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313.004.64

Langkan, H.: **Cauze de defecte la acţionările cu motoare de medie tensiune. Rolul tensiunilor de şoc.** In: Elektr. Wirtsch. **63**, nr. 11, 25 mai 1964, p. 374–375, 3 ref. bibl.

CZ 621.313.045

Daljak, B. şi *Wohlfahrt, O.*: **Izolaţia bobinajelor statorice din maşinile de înaltă tensiune.** In: Brown Boveri Mitt. **51**, nr. 5, mai 1964, p. 275–280, 10 fig., 1 tab., 6 ref. bibl.

CZ 621.313.17

Borchert, H. O.: **Motorul cu reluctanţă.** In: E.M.A. **43**, nr. 5, mai 1964, p. 129–133, 7 fig.

CZ 621.313.2 :621.313.29.049.75

Kravtov, O. K.: **Analiza şi compararea proprietăţilor motoarelor electrice cu bobinaj imprimat pe rotor disc cu motoarele de curent continuu normale.** In: Energhetika i elektrotehn. prom. nr. 2, apr – iun 1964, p. 27–30, 2 fig.

CZ 621.313.2.016.35 :621–83

Winkler, A.: **Instabilitatea şi stabilitatea acţionărilor de curent continuu.** In: Ind. Anz. **86**, nr. 41, 22 mai 1964, p. 31–35, 10 fig.

CZ 621,313.333,004

Berger, Th.: **Comportarea în exploatare a motoarelor asincrone cu comandă de freeveţă.** Partea a 2-a. In: Elektrie **18**, nr. 5, mai 1964, p. 154–156, 1 fig., 9 ref. bibl.

CZ 621.314

TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.21 :537.56

Knosp, R.: **Ionizaţia în transformatoare.** În: Rev. Gén. Electr. **73**, nr. 4, apr 1964, p. 241–242.

CZ 621.314.21.048 :621.315.614.6

Berberich, L. ş.a.: **O nouă izolaţie pe bază de celuloză stabilizată, aplicată la transformatoare.** In: Rev. Gén. Électr. **73**, nr. 4, apr 1964, p. 187–198, 12 fig., 2 tab., 24 ref. bibl.

CZ 621.315

TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE. LINII AERIENE. CABLURI SUBTERANE. CONDUCTOARE. MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.1 :621.3.024

Jones, D.E. şi *Boroki, B.*: **Cercetarea experimentală pe o linie de 500 kV a propagării pe o linie electrică a unei unde purtătoare.** In: I.E.E.E. Trans. Power Apparatus and Syst. nr. 1, ian 1964, p. 16–23, 8 fig., 4 tab., 4 ref. bibl.

CZ 621.315.611.015.51

Andreev, V. H. şi *Reabov, B.M.*: **Rigiditatea dielectrică a maselor epoxidice la freceveţe înalte.** In: Izv. VUZ. Energhetika **7**, nr. 5, mai 1964, p. 105–108, 6 fig., 6 ref. bibl.

CZ 621.315.616 :621.315.2/3

Black, R. M. şi *Reynolds, E. H.*: **Materiale izolante sintetice pentru sîrme şi cabluri.** In: Electr. Rev. **174**, nr. **24**, 12 iun 1964, p. 902–966, 4 fig., 2 tab., 11 ref. bibl.

CZ 621.315.616 :621.316.17

Birr, J.: **Utilizarea materialelor plastice în construcţia instalaţiilor de curenţi tari.** In: Elektrie **18**, nr. 5, mai 1964, p. 143–145, 3 fig., 2 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621.316

DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTRICE. REŢELE DE DISTRIBUŢIE. DESCHIDEREA ŞI INCHIDEREA CIRCUITELOR. REGLAREA MĂRIMILOR ELECTRICE. PROTECŢIA APARATELOR

CZ 621.316.1.072,2 :621.314.223

Bomsiowicz, L. şi *Rynio, B.*: **Autotransformatoare pentru reţelele de joasă tensiune.** In: Energetika **18**, nr. 5, mai 1964, p. 144–145, 4 fig.

CZ 621.316.262 :621.315.62

Maxwell, W.: **Elaborarea unui detector de impurificare a izolatoarelor.** In: Electr. Rev. **174**, nr. 25, 19 iun 1964, p. 949–950, 5 fig.

CZ 621.316.545,027.8

Weckend. T. ş.a.: **Separator pentru instalaţii de înaltă şi foarte înaltă tensiune.** In: Elektrie **18**, nr. 5, mai 1964, p. 136–140, 6 fig., 2 tab., 1 ref. bibl.

CZ 621.316.825 :621.316.74 :621.362

Regulatoare de temperatură, echipate cu tranzistoare. In: Elektron, nr. 7–8, 1964, p. 126–133, 14 fig., 2 tab., 3 ref. bibl.

CZ 621.317

TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.39 :531.781

Sevcenko, G. I.: **Traductoare magnetoanizotropice cu bobinaj de compensare.** In: Izmerit. tehnika, nr. 5, mai 1964, p. 29–30, 3 fig.

CZ 621.317.39 :536.5 :621.362

Pak, B. şi *Krinski, I. P.*: **In problema automatizării controlului termocuplurilor tehnice, confecţionate din alte metale decît cele nobile.** In: Izmerit. tehnika, nr. 5, mai 1964, p. 21–23, 2 fig., 2 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621.317.32 :621.374

Neustroev, L. S. ş.a.: **Măsurarea tensiunilor de şoc prin metode de compensaţie.** In: Izmerit. tehnika, nr. 4, apr 1964, p. 53–54, 1 fig.

CZ 621.317.39 :531.74 :621.375.4

Heber, G. şi *Knapp, O.*: **Traductorul de unghi de rotaţie „Teleperm" cu amplificator echipat cu tranzistoare.** In: Siemens-Z. **38**, nr. 6, iun 1964, p. 421–424. 8 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.317.39.621.375

Katz, H.: **Traductorul de măsurare „Teleperm"–E pentru mărimi de intrare electrice.** In: Siemens-Z. **38**, nr. 6, iun 1964, p. 424–429, 6 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.317.7 :669.231.5

Timofeeva, Z. A. şi *Birun, N. A.*: **Aliaje de platină cu argint pentru aparatele electrice.** In: Izmerit. tehnika, nr. 5, mai 1964, p. 44–45, 1 tab., 5 ref. bibl.

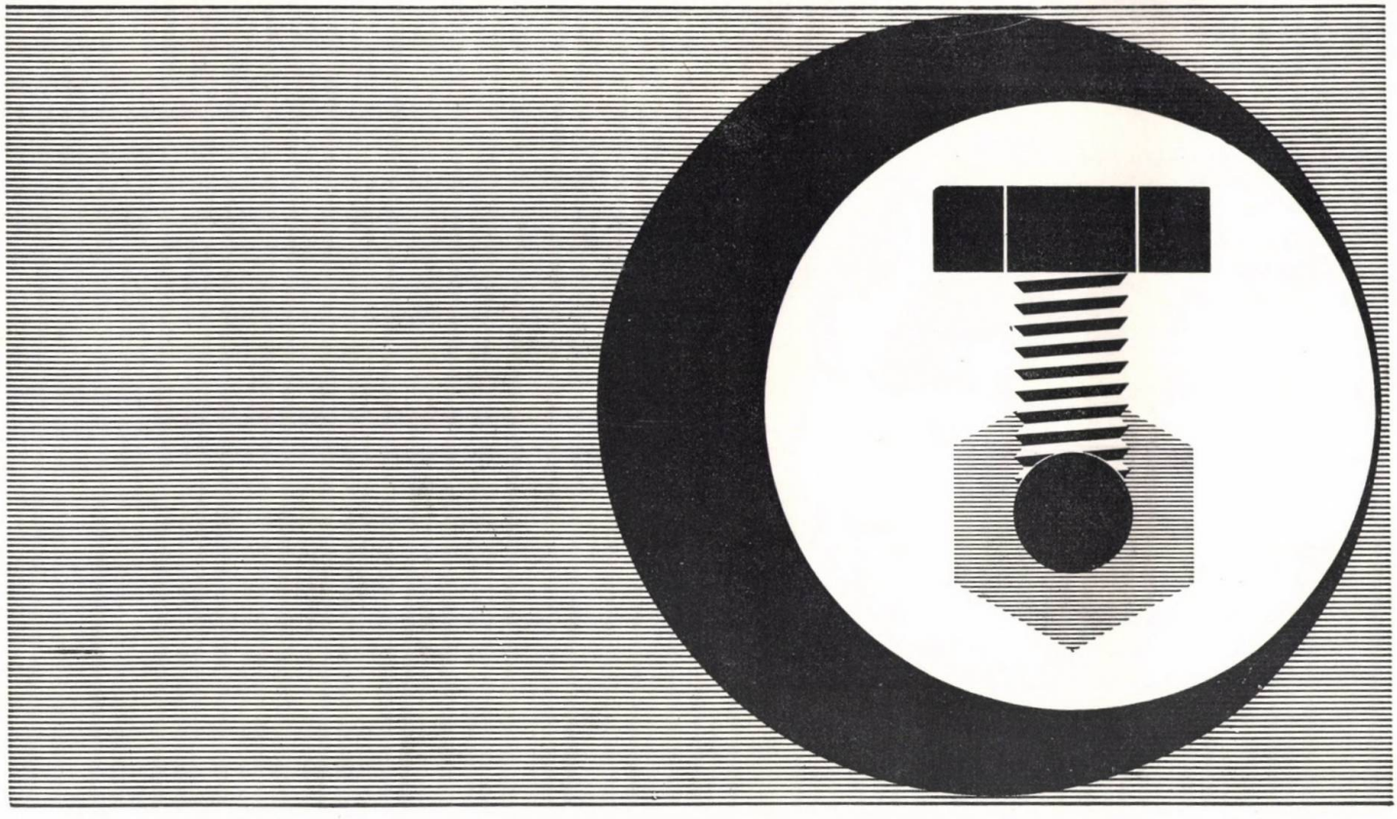
CZ 621.317.78.087.96

Cooper, G.: **Sistem numeric de indicare a puterii consumate.** In: Ind. Electron. **2**, nr. 6, iun 1964, p. 267–272, 4 fig.

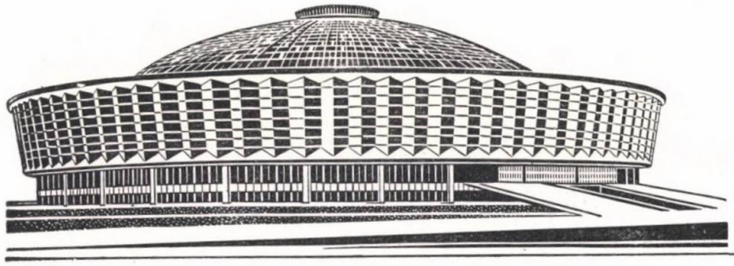
MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1963 DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

EXPOZITIA TEHNICA A REPUBLICII FEDERALE GERMANE

BUCUREȘTI 18-30 MAI 1965



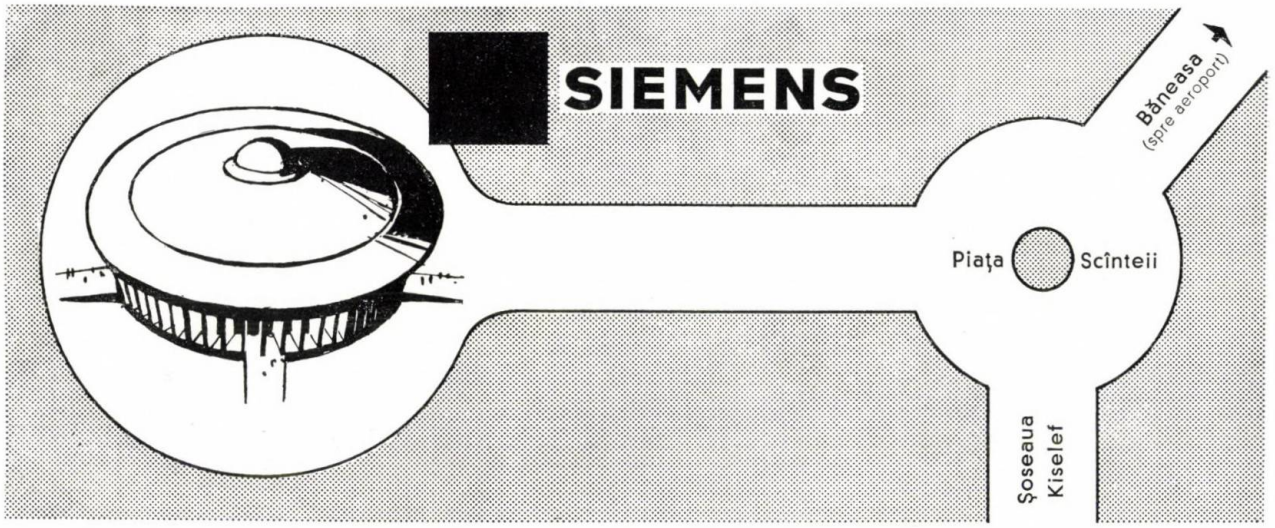
Noile realizări dobîndite pe scară largă în domeniul științei și tehnicii influențează direct activitatea și viața noastră. Expoziția Tehnică a Republicii Federale Germane prezintă o largă sinteză a celor mai noi realizări obținute de un număr de peste 400 de firme importante din Republica Federală Germană în domeniile industriei oțelului și fierului, chimiei, construcțiilor de mașini, electrotehnicii, mecanicii de precizie și opticii.



BDUL. MARASTI 67
(PIATA SCINTEII)

Vizitarea zilnic între orele
10-14 pentru specialiști și
14-19 pentru public

SIEMENS



Expoziția tehnică a Republicii Federale Germane

18—30 Mai 1965

În pavilionul Siemens din incinta expoziției, vă prezentăm :

Exemple din producția, transmisia și distribuția energiei

Scheme exemplificatoare din tehnica tiristoarelor pentru industria chimică și pentru acționări reglabile ale industriei grele

Aparate de măsură și reglare pentru automatizarea proceselor tehnologice

Instrumente și aparate electrice de măsură

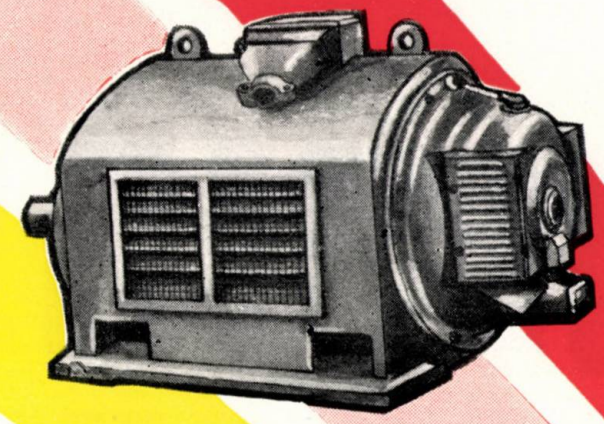
Aparate electroacustice și de tehnică cinematografică, aparate telefonice, elemente constructive și tuburi electronice

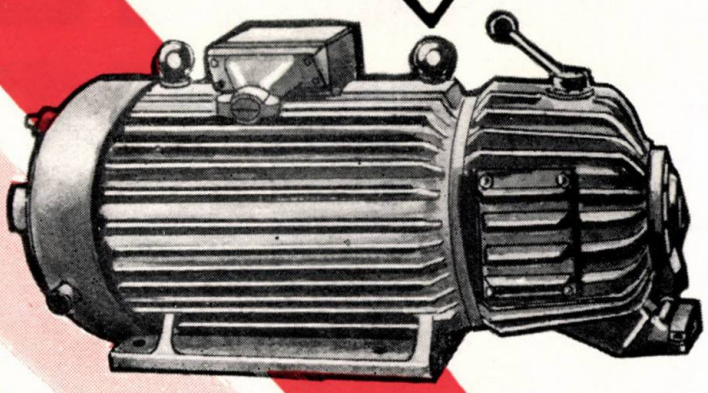
Aparate Roentgen pentru diagnostic și terapie

Aparate medicale electrofizice

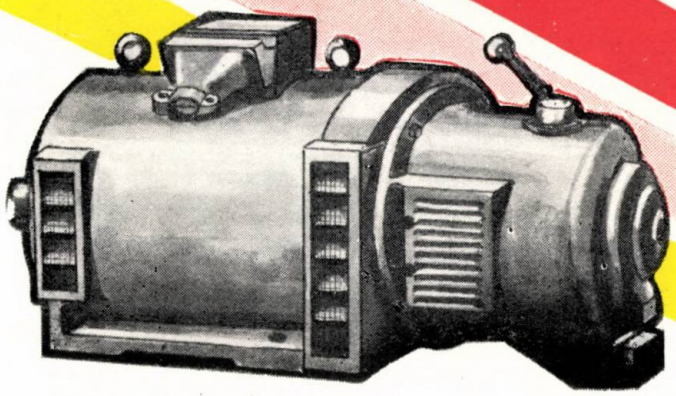
Produse dentare și aparate electroacustice auditive

SIEMENS & HALSKE AKTIENGESELLSCHAFT
SIEMENS – SCHUCKERTWERKE AKTIENGESELLSCHAFT
SIEMENS–REININGER–WERKE AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin. München. Erlangen



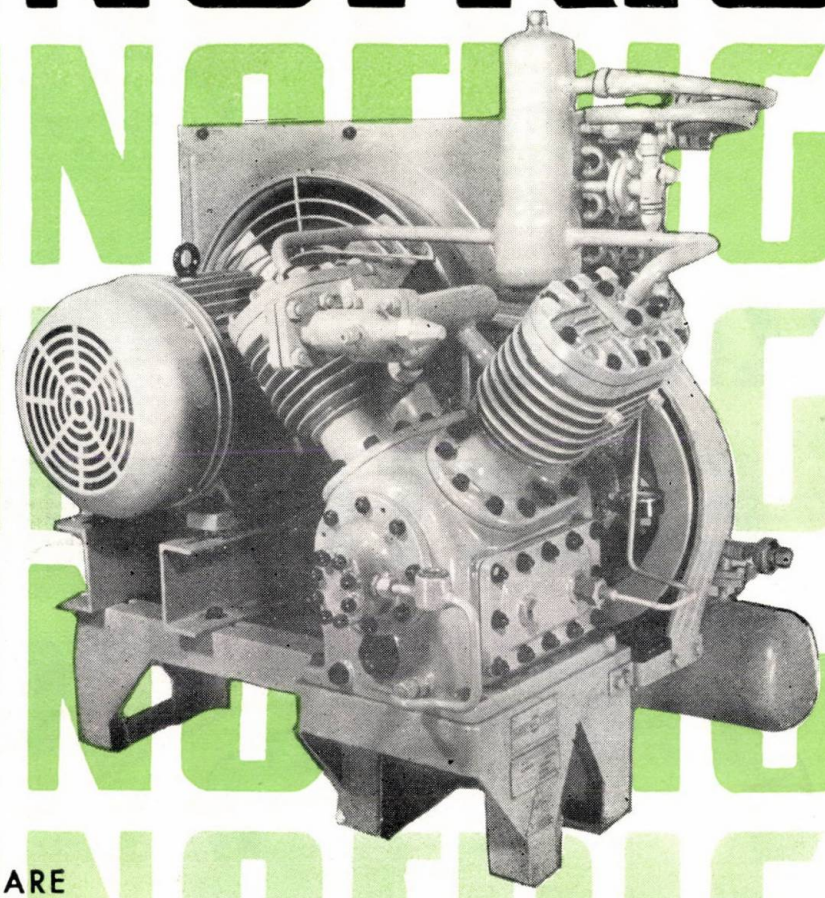


UZINELE „ELECTROPUTERE" CRAIOVA



Seria nouă de motoare asincrone de uz general
- tip MU MA ME
- 100 — 1000 kW
- 500 — 1500 rot/min
- joasă și înaltă tensiune (6 kV)
- protecție IP 44
- răcire cu nervuri sau cu țevi

TEHNOFRIG



AGREGATE ŞI COMPRESOARE
FRIGORIFERE CU CAPACITATE DE
850—875 000 kcal/h
(— 10° C ± 25° C)
PENTRU INDUSTRIA ALIMENTARĂ,
CHIMICĂ etc.

Cereţi prospectele noastre detaliate

UZINA TEHNOFRIG CLUJ

TEHNOFRIG

STR. FABRICII DE CHIBRITURI
NR 5-11 TELEF 61-80

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES
DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

SNO

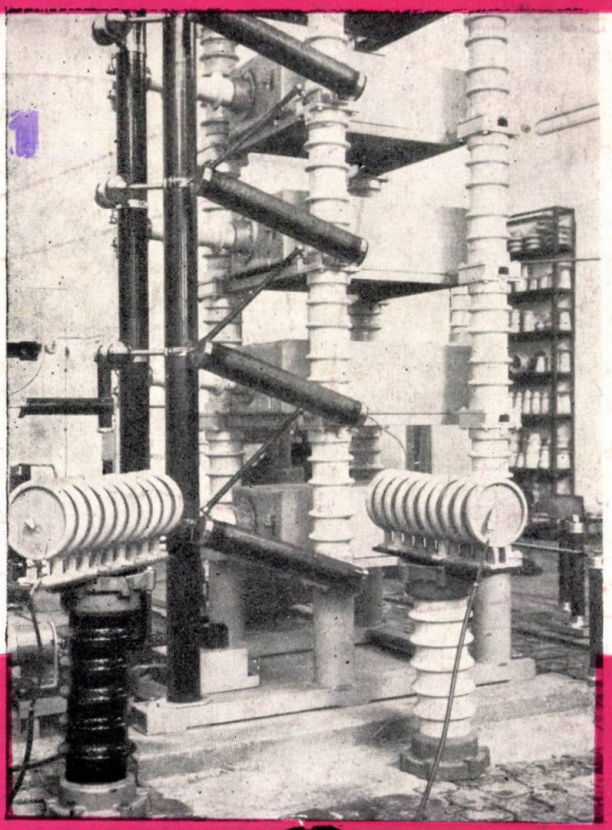
Șantierul Naval Oltenița

construiește:

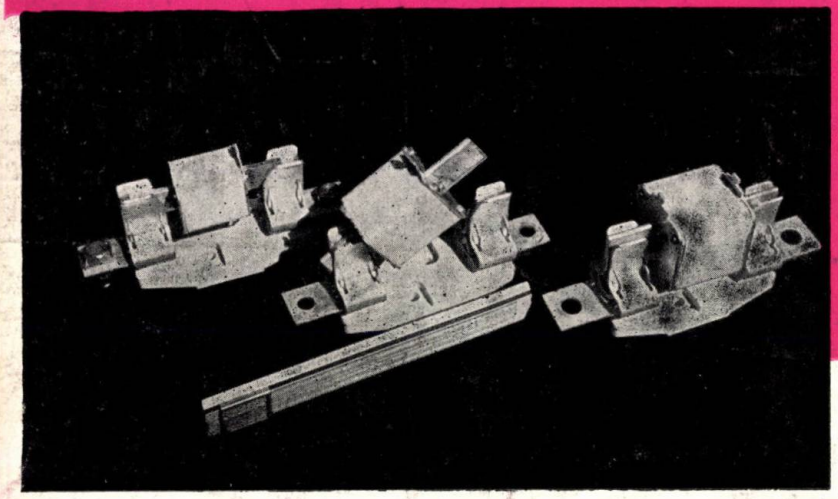
PASAGERE FLUVIALE
REMORCHERE 150-2200 C.P.
DRĂGI MARITIME
MOTONAVE 2000 t
ȘLEPURI 1000 t

M.I.C.M. - I.C.P.E.

1965 AUG 3



INSTITUTUL DE CERCETARE ȘI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ



DIN BUCUREȘTI, BD. T. VLADIMIRESCU 45, TELEFON 16.41.40, 16.41.48

primește comenzi de cercetare și proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din țară.

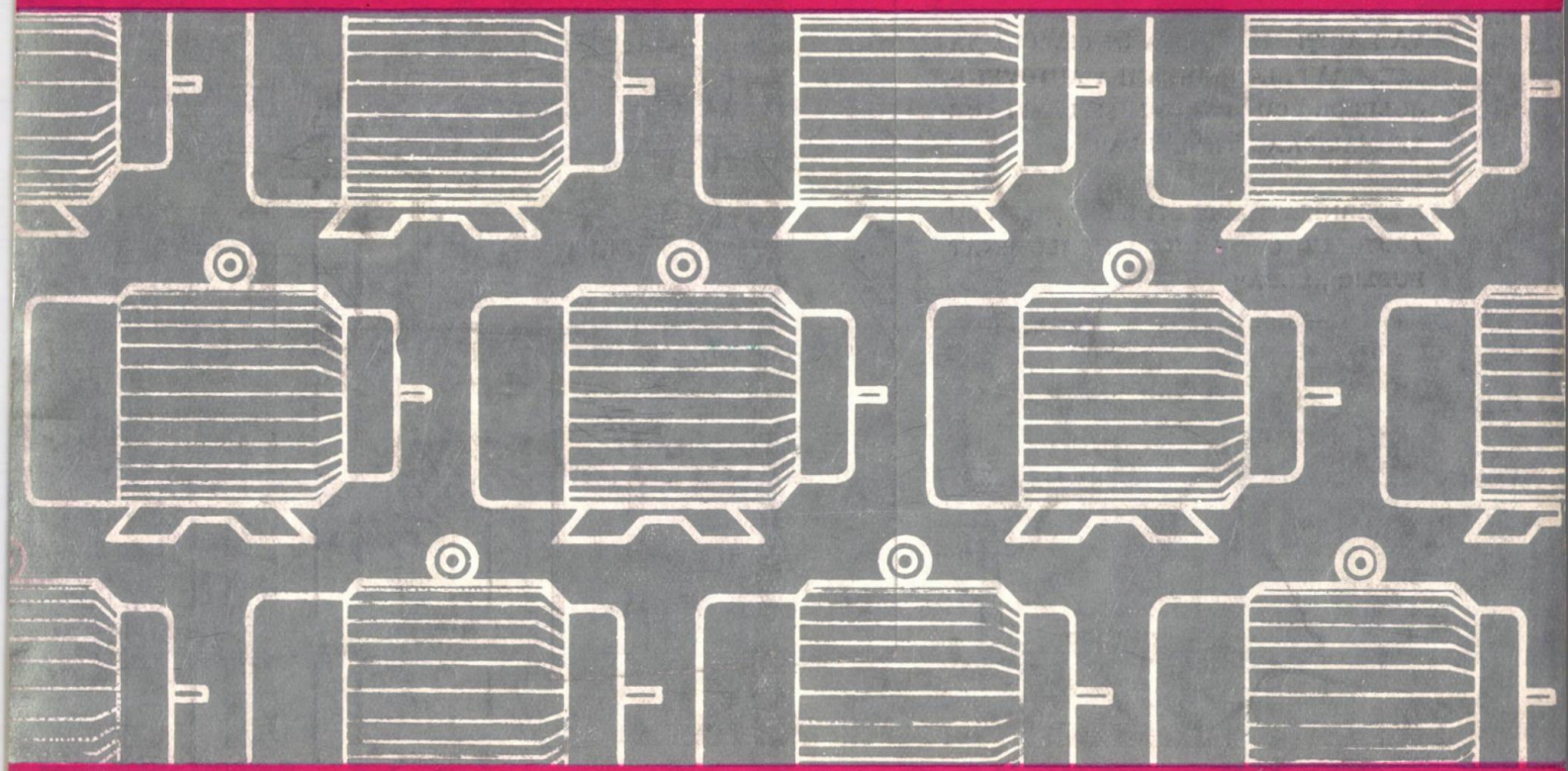
Institutul execută studii, încercări, omologări și execuții de prototipuri din domeniul mașinilor și transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă și înaltă tensiune, acționărilor electrice, schemelor complexe electrice și electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu mașini electronice, materialelor electrotehnice, cum și proiectări pentru uzine și fabrici cu acest profil.

E 2040

REFERÁLVA

ELECTROTEHNICA

R



ELECTROTEHNICA • BUCUREȘTI • ANUL 13 • NR. 5 • PAGINA 165 — 204 • MAI 1965

5

EL-BA

AMENAJAŢI-VĂ UN INTERIOR PLĂCUT PRINTR-UN ILUMINAT RECONFORTANT ÎN LOCUINŢELE DV., CU AJUTORUL CANDELABRELOR „ELBA"

FOLOSIND CORPURILE DE ILUMINAT INDUSTRIALE „ELBA" VĂ ASIGURAŢI O PRODUCŢIE MĂRITĂ LA LOCUL DE MUNCĂ

VĂ MĂRIŢI SIGURANŢA ÎN CIRCULAŢIA RUTIERĂ PRIN ECHIPAREA AUTOVEHICULELOR CU FARURI ŞI LĂMPI DE SEMNALIZARE TIP „ELBA"

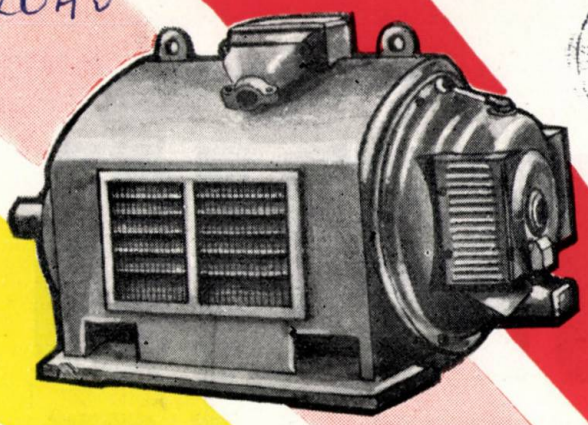
MODERNIZAŢI ASPECTUL ORAŞELOR CU AJUTORUL CORPURILOR DE ILUMINAT PUBLIC „ELBA"

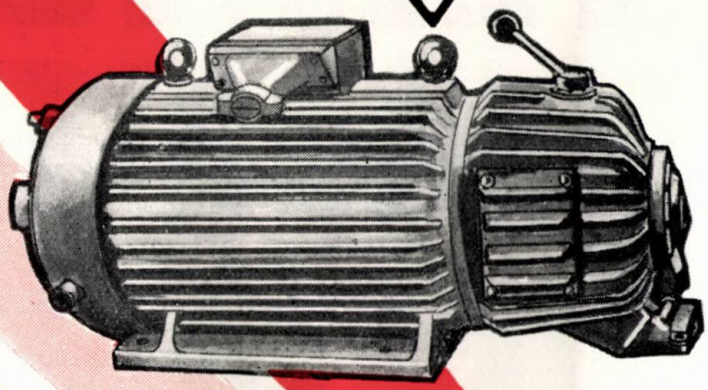
I.I.S. ELECTRO-BANAT — TIMIŞOARA, STR. PESTALOZZI Nr. 22

TELEFON: 1.42.60 ; 1.42.61

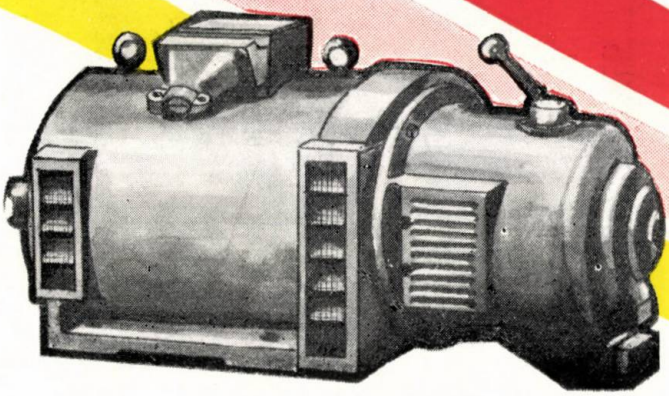
E 2040

MŰSZAKI KÖNYVTÁR
DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT





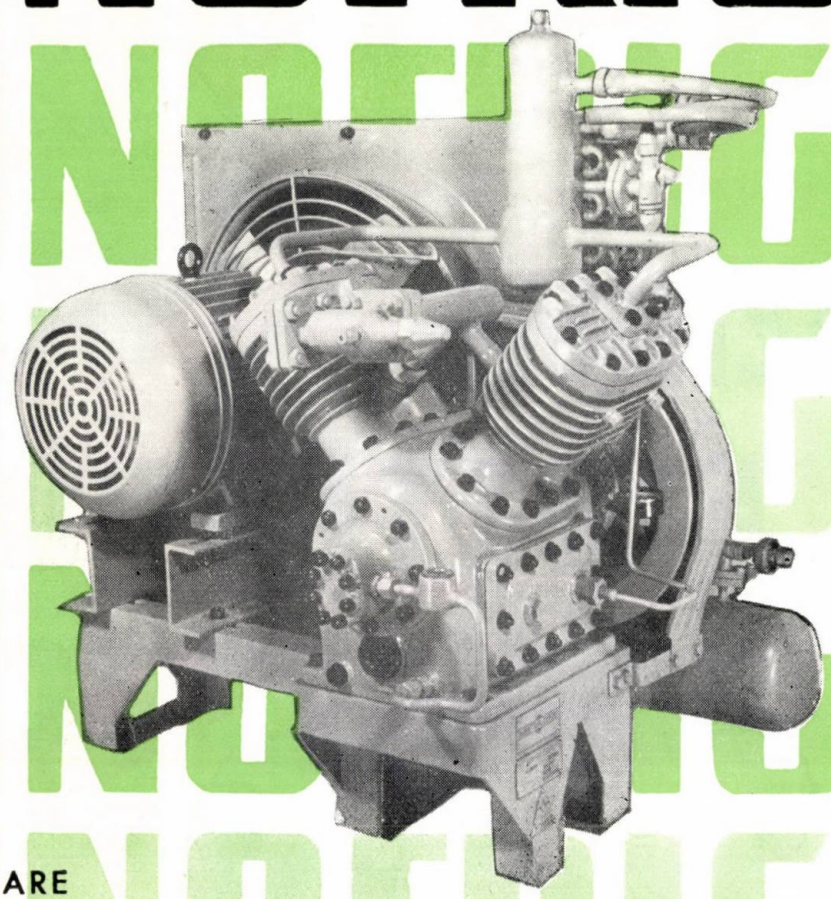
UZINELE „ELECTROPUTERE" CRAIOVA



Seria nouă de motoare asincrone de uz general

- tip MU MA ME
- 100 — 1000 kW
- 500 — 1500 rot/min
- joasă și înaltă tensiune (6 kV)
- protecție IP 44
- răcire cu nervuri sau cu țevi

TEHNOFRIG



AGREGATE ŞI COMPRESOARE
FRIGORIFERE CU CAPACITATE DE
850—875 000 kcal/h
(— 10° C ± 25° C)
PENTRU INDUSTRIA ALIMENTARĂ,
CHIMICĂ etc.

Cereţi prospectele noastre detaliate

UZINA TEHNOFRIG CLUJ

TEHNOFRIG

STR. FABRICII DE CHIBRITURI
NR 5-11 TELEF 61-80

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

ELECTROTEHNICA

Anul 13 nr. 5 mai 1965

CUPRINS

CZ 621.313.32

Nicolaide, A. : **Calculul parametrilor amortizoarelor masive ale mașinilor sincrone cu poli aparenți.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965, p. 165–173

Se prezintă o metodă de calcul nouă și relativ simplă pentru calculul amortizorului masiv al mașinilor sincrone cu poli aparenți. Se ține seamă de progresele realizate în studiul amortizoarelor tip colivie de mașină sincronă și în studiul propagării cîmpului electromagnetic în medii feromagnetice. Se ia în considerare fenomenul de saturație, utilizînd drept caracteristică de magnetizare o curbă parabolică. Studiul se face pentru mașina cu rotorul prevăzut cu inele de conexiune, apoi se arată modificările care intervin în cazul mașinii fără inele de conexiune. Compararea valorilor obținute pentru parametri prin metoda de calcul indicată, cu valorile obținute experimental, arată o concordanță satisfăcătoare.

CZ 621.313.333.2–573

Colorogea, D. : **Verificarea condițiilor de autopornire a motoarelor electrice asincrone în scurteircuit.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965, p. 173–177

După o scurtă prezentare a problemei autopornirii, se stabilește o metodă de calcul pentru verificarea condițiilor de autopornire a motoarelor electrice asincrone în scurtcircuit din centralele electrice sau întreprinderile industriale după o deconectare accidentală ; sînt indicate și soluții de îmbunătățire a condițiilor de autopornire, în cazul cînd acestea nu sînt verificate. Lucrarea este însoțită de un exemplu de calcul numeric.

CZ 21.3.066.6.004.6 : 621.3.015.5

Avramescu, A. și *Barbu, I.* : **Încercări la uzură ale contactelor de contactoare.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965, p. 177–186

Se analizează cauzele și natura uzurii contactelor electrice de întrerupere, de joasă tensiune, determinîndu-se pe cale experimentală curbele de variație a uzurii [mg] și căderea de tensiune, în funcție de material și curent, de numărul de conectări. S-au încercat contacte din Ag, AgCd, AgCu, AgZn la curenți nominali de 10, 25, 60 și 100 A, pînă la un milion de conectări. S-a constatat că uzura crește aproximativ liniar cu numărul de conectări pentru același material de contact, iar la contactele cu diferite procente de Cd, uzura este în funcție de procentul de Cd și de curent, prezentînd un minim.

CZ 621.316.923.2.2.001.4

Pesici, M. : **Serii speciale de siguranțe de joasă tensiune cu mare capacitate de rupere.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965, p. 186–191

Se prezintă realizarea unor prototipuri speciale și anume siguranțe cu gabarit redus necesare în întreprinderile regionale de electricitate și siguranțe pentru locomotiva Diesel electrică. Se expun succint funcționarea acestor prototipuri, oscilogramele rezultate din încercări, caracteristicile de funcționare și diferite aspecte constructive.

CZ 621.315.554 : 621.317.39

Cedighian, S. : **Aliaj termocompensator pentru vitezometre.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965, p. 192–197

Se descrie elaborarea unui aliaj pe bază de crom-nichel pentru compensarea erorilor de temperatură la magneții permanenți în domeniul temperaturilor pozitive și negative. Se dau rezultatele măsurărilor pe vitezometre. Cu mici variații ale compoziției, materialul poate fi folosit pentru compensarea erorilor la vitezometre, turometre, contoare electrice și aparate de măsurat.

RECENZII 198–199
REFERATE 199–202
CRONICĂ 202–203

RECOMANDĂRI
pentru autori

1. Lucrările care pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. — îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat, fixînd premisele de la care s-a pornit problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic — ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă, literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus, în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteză), revista, volumul, luna, numărul, anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină-faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titlul, funcţiile, localitatea şi adresa domiciliului, numărul de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

СОДЕРЖАНИЕ

621.318.32

Николаиде, А.: **Расчет параметров массивных роторов синхронных явнополюсных машин.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965 p. 165–173

Описывается новый несложный метод расчета массивых роторов для синхронных явнополюсных машин. При этом учитываются достижения в области успокоительных обмоток для синхронных машин, а также изучение распространения электромагнитного поля в ферромагнитых средах. Учитывается явление насыщения, причем в качестве характеристики намагничивания применяется параболическая кривая. Исследования проводятся применительно к машине с ротором с соединительными кольцами, причем указываются изменения, возникающие с случаях машин без соединительных колец. Сравнение величин, получаемых для параметров посредством рассматриваемого расчетного метода, с экспериментально полученными величинами дает удовлетворительное соответствие.

621.313.333.2–573

Котороджа, Д.: **Проверка условий самозапуска короткозамкнутых асинхронных электрических двигателей.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai, 1965, p. 173–177

После краткого освещания вопроса самозапуска, описывается расчетный метод проверки условий самозапуска короткозамкнутых асинхронных электродвигателей на электрических станциях или промышленных предприятиях после случайного отключения. Приводятся способы улучшения условий самозапуска. Статья сопровождается примером численного расчета.

621.3.066.6.004.6. : 621.3.015.5

Аврамеску, А. и *Барбу, И.:* **Испытание на износ контакторных контактов.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965, p. 177–186

Анализируются причины и природа износа электрических прерывательных контактов низкого напряжения, причем экспериментально выводятся кривые изменения износа (мг) и снижения напряжения в зависимости от материала и тока и количества подключений. Были испытаны контакты из Ag, AgCd, AgCu, AgZn при номинальных токах в 10, 25, 560 и 100 *а* до 1 миллиона подключений. Установлено, что износ увеличивается приблизительно линейно в зависимости от числа подключений для одного и того же контактного материала, а на контактах с различным содержанием Cd износ зависит от процента Cd и от тока, причем отмечается наличие минимума.

621.316.923.2.027.2.001.4

Песич, М.: **Специальные серии предохранителей низкого напряжения с большой разрывной способностью.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965, p. 186–191

Описываются новые образцы предохранителей малых размеров, необходимые областным электроэнергетическим предприятиям, а также предохранители для электротепловозов. Вкратце излагается работа этих опытных образцов, описываются результаты и спытаний, характеристики работы и освещаются различные конструктивные аспекты.

621.315.554 : 621,317.39

Чедигян, С.: **Теплокомпенсационный сплав для скоростомеров.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965, p. 192–197

Описывается разработка хромникелевого сплава для компенсации температуры погрешностей постоянных магнитов в области положительных и отрицательных температур. Приводятся результаты измерений, проведенных на скоростомерах. При небольших изменениях состава материал может быть использован для компенсации погрешностей скоростомеров, тахометров, электрических счетчиков и измерительных приборов.

РЕЦЕНЗИИ 198–199
РЕФЕРАТЫ 199–202
ХРОНИКА 202–203

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.313.32

Nicolaide, A.: **Berechnung der Parameter der massiven Dämpfer der Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen.**

Electrotehnica 13, H. 5, Mai 1965, S. 165–173

Der Verfasser gibt ein neues, verhältnismässig einfaches Berechnungsverfahren für den massiven Dämpfer der Aussenpol-Synchronmotoren. Dabei werden die Fortschritte im Studium der Käfigdämpfer bei Synchronmaschinen und das Studium der Fortpflanzung des elektromagnetischen Feldes in ferromagnetischen Medien berücksichtigt. Ferner wird der Sättigungsfaktor in Betracht gezogen, wobei als Magnetisierungskennlinie eine parabolische Kurve verwendet wird. Das Studium erfolgt für einen Motor, dessen Läufer mit Schaltringen versehen ist. Gleichzeitig werden auch die Änderungen angeführt, die bei Maschinen ohne Schaltringe eintreten. Der Vergleich zwischen den durch das angegeben Berechnungsverfahren für die Parameter ermittelten Werten und den auf experimentellem Weg erzielten Werten weist eine zufriedenstellende Übereinstimmung auf.

DK 621.313.333.2–573

Cotorogea, D.: **Überprüfung der Selbstablaufbedingungen der Kurzschluss-Asynchronmotoren.**

Electrotehnica 13, H. 5, Mai 1965, S. 173–177

Nach einer kurzen Darlegung des Problems des Selbstanlaufens wird ein Berechnungsverfahren zur Überprüfung der Selbstanlaufbedingungen von asynchroner Kurzschlussmotoren in Kraftwerken oder Industrieanlagen für den Fall einer zufälligen Abschaltung angegeben. Ferner gibt der Verfasser einige Lösungen zur Verbesserung der Selbstanlaufbedingungen an, für den Fall, dass diese noch nicht überprüft seien sollten. Zur Veranschaulichung dient ein Beispiel der numerischen Berechnung.

DK 621.3.066.6.004.6 : 621.3.015.5

Avramescu, A. und *Barbu, I.*: **Verschleissversuche an Schaltschützkontakten.**

Electrotehnica 13, H. 5, Mai 1965, S. 177–186

Ursachen und Arten des Kontaktverschleisses elektrischer Niederspannungs-Schaltgeräte werden untersucht, wobei der Verlauf des Verschleisses [mg] und des Spannungsabfalls in Abhängigkeit von Werkstoff, Stromstärke und Schaltzahl bestimmt werden. Die Versuche dehnten sich auf die Kontakte aus Ag, AgCd, AgCu, AgZn bei Nennstromstärken von 10, 25, 60 und 100 A bis zu 10^6 Schaltungen aus. Es wurde nachgewiesen, dass für denselben Werkstoff der Verschleiss ungefähr linear mit der Schaltzahl ansteigt und für verschiedene Anteile an Cd vom Cd-Prozentsatz und der Stromstärke abhängt, wobei jeweils ein Mindestwert auftritt.

DK 621.316.923.2.027.2.001.4

Pesici, M.: **Sonderserien von Niederspannungssicherungen mit grosser Unterbrechungskapazität.**

Electrotehnica 13, H. 5, Mai 1965, S. 186–191

Der Aufsatz befasst sich mit einer Reihe von Sonderprototypen von Sicherungen geringer Abmessung für regionale Kraftstrombetriebe und Sicherungen für Elektrodieselloks. Es werden kurz die Betriebsweise dieser Prototypen, die Oszillogramme der Versuche, die Betriebskennlinien und verschiedene bauliche Aspekte dargelegt.

DK 621.315.554 : 621.317.39

Cedighian, D.: **Thermokompensationslegierungen für Geschwindigkeitsmesser.**

Electrotehnica 13, H. 5, Mai 1965, S. 192–197

Es wird die Herstellung einer Kompensationslegierung auf Cr–Ni–Basis beschrieben, die zur Kompensierung der Temperaturfehler für Dauermagneten im positiven und negativen Arbeitsbereichen geeignet ist. Es werden die Messergebnisse für Geschwindigkeitszähler gegeben. Durch geringfügige Zusammensetzungsänderungen kann das Material für Geschwindigkeits-, Touren-und Elektrizitätszähler und andere Messapparate verwendet werden.

BUCHBESPRECHUNGEN 198–199
REFERATE 199–202
CHRONIK 202–203

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 13 nr. 5 București, mai 1965

OMSZ. AGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONTJA 1883

Calculul parametrilor amortizoarelor masive ale mașinilor sincrone cu poli aparenți*

Andrei Nicolaide** — Brașov

CZ 621.313.32

Piesele polare masive ale unei mașini sincrone au același rol în funcționarea mașinii ca și colivia de amortizare dispusă în crestăturile pieselor polare executate din tole [1]. După cum se arată în [2], la mașinile sincrone cu viteză de rotație mare este uneori preferabilă utilizarea de piese polare masive, din motive de rigiditate a construcției mecanice și pentru obținerea unui moment de inerție mai mare. Amortizorului, constituit de polii masivi, îi corespund o rezistență și o reactanță longitudinală și o rezistență și o reactanță transversală. Acești parametri sînt necesari pentru a se putea determina prin calcul comportarea mașinii în regim asincron sau în diferite regimuri tranzitorii. Cu toată importanța problemei, numărul lucrărilor care sînt consacrate calculului parmetrilor amortizoarelor masive ale mașinilor sincrone cu poli aparenți este relativ limitat. O analiză a lucrărilor cunoscute a fost efectuată în lucrarea [3], în care s-au utilizat, pentru calculul parametrilor, formule semiempirice. În lucrarea de față se va indica o nouă metodă de calcul fundamentată teoretic, utilizînd progresele realizate în studiul amortizorului tip colivie al mașinii sincrone și în studiul propagării cîmpului electromagnetic în conductoare masive [4], [5], [6] și, în particular, în medii feromagnetice [7], [8], [9].

1. Premise

Reprezentarea aproximativă, la funcționarea în asincron, a liniilor cîmpului magnetic în polii aparenți masivi ai unei mașini sincrone este indicată în figura 1 pentru axa longitudinală, iar în figura 2 pentru axa transversală.

Ipotezele simplificatoare care se vor admite sînt următoarele :

1) Se va lua în considerare numai armonica fundamentală a tensiunii magnetomotoare a indusului.

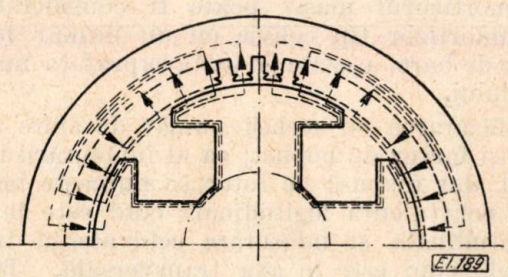


Fig. 1. Reprezentarea aproximativă a liniilor cîmpului magnetic longitudinal, în polii aparenți masivi ai unei mașini sincrone, la funcționarea în asincron.

2) Se consideră adîncimea de pătrundere a cîmpului electromagnetic mică față de dimensiunile pieselor polare.

3) Se presupune că piesele polare sînt unite de fiecare parte frontală prin inele de conexiune

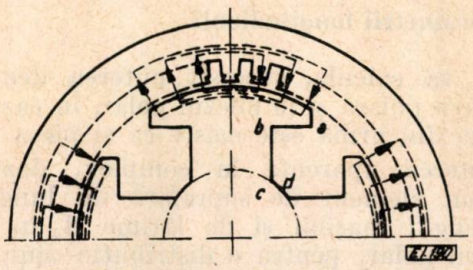


Fig. 2. Reprezentarea aproximativă a liniilor cîmpului magnetic transversal, în polii aparenți masivi ai unei mașini sincrone, la funcționarea în asincron.

de impedanță neglijabilă. Astfel se vor putea efectua calculele pentru cazul unei mașini infinit lungi, neglijînd deci efectul de capăt.

* Lucrarea a fost susținută la sesiunea de comunicări tehnico-științifice a uzinelor „Electroputere" — Craiova, din 4—6 dec. 1964.

** Cd. șt. tehn. ing. *A. Nicolaide* este conferențiar la Institutul politehnic — Brașov.

În cazul mașinii fără inele de conexiune, efectul de capăt se va calcula pentru suprafața desfășurată a pieselor polare, după cum se va indica în continuare.

4) Se presupune că repartiția cîmpului magnetic în întrefier nu este modificată de cîmpul produs de curenții induși în polii masivi.

5) Nu se va lua în considerare fluxul produs de curentul de excitație, neglijînd astfel premagnetizarea în curent continuu, cînd aceasta există.

6) Intrefierul se presupune constant pe tot lungul arcului piesei polare.

7) Parametrii amortizorului masiv se vor calcula separat pentru cele două axe, fără a lua în considerare interacțiunea, în ceea ce privește saturația, a curenților induși de cîmpurile : longitudinal și transversal.

8) Se va presupune curba de magnetizare a oțelului polilor masivi de formă parabolică [9], adică :

$$B_m = k H_m^{\frac{1}{n}}. \tag{1}$$

Amortizorul masiv poate fi considerat ca un amortizor tip colivie cu un număr foarte mare de bare, așezate pe toată suprafața masivă a polului.

Înfășurarea cu același număr de spire și cu același factor de bobinaj ca al înfășurării indusului, dar dispusă pe rotor, se numește înfășurare echivalentă logitudinală cînd este în axa longitudinală și înfășurare echivalentă transversală cînd este în axa transversală. Transpunerea parametrilor amortizorului la aceste înfășurări se numește raportare la stator. Parametrii amortizorului masiv se vor calcula, ca și parametrii amortizorului tip colivie [1], din egalitatea pierderilor în amortizor și în înfășurările longitudinală și transversală echivalente. Formulele stabilite în această lucrare sînt valabile în orice sistem de unități de măsură coerent, raționalizat.

2. Parametrii longitudinali

Se va calcula, succesiv, puterea dezvoltată în piesa polară și în miezul polar, în cazul cînd acesta din urmă este masiv ca și piesa polară.

Puterea aparentă în complex, dezvoltată într-un element de suprafață de lungime l_i în lungul mașinii și de lățime d_y în lungul arcului polar, pentru o distribuție sinusoidală a inducției magnetice, este [9] :

$$\mathrm{d}\dot{S} = \rho \frac{\dot{\beta}}{2k_y} \alpha_0 k^{\frac{1}{2}} \left(k_n k^{-\frac{1}{2}} \alpha_0 \frac{\tau}{\pi} B_{mz0} \sin \frac{\pi}{\tau} y \right)^{\frac{3n+1}{n+1}} \cdot l_i \, \mathrm{d}y, \tag{2}$$

unde s-au folosit aceleași notații ca în [9] :

$$\dot{\beta} = \beta_1 + \mathrm{j}\,\beta_2 = \frac{2n}{n-1}\left(1 + j\sqrt{\frac{n+1}{2n}}\right), \tag{3}$$

$$k_y = \frac{1}{\sqrt{2}(n-1)} \sqrt[4]{2n(3n+1)^2(n+1)}, \tag{4}$$

$$k_n = \frac{|\dot{\beta}-1|}{k_y} = \sqrt{2}\sqrt[4]{\frac{n+1}{2n}}, \tag{5}$$

$$\alpha_0 = \sqrt{\frac{\omega\sigma}{2}}. \tag{6}$$

Inducția maximă din axa longitudinală se va nota B_{md}, deci

$$B_{mz0} = B_{md}.$$

Puterea aparentă în complex, corespunzătoare suprafeței dinspre întrefier, a piesei polare este :

$$\dot{S}_{1d} = \rho \frac{\dot{\beta}}{2k_y} \alpha_0 k^{\frac{1}{2}} \left(k_n k^{-\frac{1}{2}} \alpha_0 \frac{\tau}{\pi} B_{md} \right)^{\frac{3n+1}{n+1}} \cdot$$

$$\cdot l_i \, 2 \int_0^{\frac{\alpha\tau}{2}} \left(\sin \frac{\pi}{\tau} y \right)^{\frac{3n+1}{n+1}} \cdot \mathrm{d}y. \tag{7}$$

Se vor calcula acum pierderile de pe fețele pieselor polare dinspre înfășurarea de excitație adică pe porțiunea *ab* din figura 2 și pierderile în miez, cînd acesta este de asemenea masiv. Puterea aparentă în complex, dezvoltată într-o placă feromagnetică cu suprafața plană, inducția magnetică fiind aceeași pe toată suprafața, este dată de relația [9] :

$$\mathrm{d}\dot{S} = \rho \frac{\dot{\beta}}{2k_y} \alpha_0 k^{\frac{1}{2}} H_{my0}^{\frac{3n+1}{2n}} \mathrm{d}y = \rho \frac{\dot{\beta}}{2k_y} \alpha_0 k^{-\frac{3n}{2}} B_{my0}^{\frac{3n+1}{2}} \cdot \mathrm{d}y, \tag{8}$$

pentru un element de suprafață de lungime egală cu unitatea și de lățime egală cu $\mathrm{d}y$.

Fluxul magnetic care traversează placa considerată, trecînd printr-un element dreptunghiular avînd dimensiunile z_k (adîncimea de pătrundere a cîmpului) și $\mathrm{d}y$, este :

$$\mathrm{d}\dot{\Phi}_y = \mathrm{d}y \int_0^{z_k} B_{my0} \left(1 - \frac{z}{z_k}\right)^{\dot{\beta}-2} \cdot \mathrm{d}z =$$

$$= \frac{1}{\dot{\beta}-1} z_k B_{my0} \, \mathrm{d}y = \frac{1}{\dot{\beta}-1} \cdot \frac{k_y}{\alpha_0} k^{-\frac{n}{2}} B_{my0}^{\frac{n+1}{2}} \mathrm{d}y,$$

unde [9] :

$$z_k = \frac{k_y}{\alpha_e}; \quad \alpha_e = \sqrt{\frac{\omega\sigma\mu_e}{2}}.$$

Conform ipotezelor admise, lungimea secțiunii prin care trece fluxul în piesa polară este l_i, iar semiperimetrul secțiunii prin care trece fluxul în miez este $l_m + b_m$. Raportul dintre

inducția magnetică maximă în miez și inducția magnetică maximă, în piesa polară (pe fețele dinspre înfășurarea de excitație) este deci :

$$\frac{B_{my\ miez}}{B_{my\ piesă}} = \left(\frac{l_i}{l_m + b_m}\right)^{\frac{2}{n+1}}. \tag{9}$$

Puterea în complex, dezvoltată în fețele unei piese polare dinspre înfășurarea de excitație, exprimată în funcție de inducția B_{md} se obține cu ajutorul relației (8) și este :

$$\dot{S}_{2d} = 2\rho \frac{\dot{\beta}}{2k_y} \alpha_0 k^{\frac{1}{2}} \left(k_n k^{-\frac{1}{2}} \alpha_0 \frac{\tau}{\pi} B_{md} \sin\frac{\alpha\pi}{2}\right)^{\frac{3n+1}{n+1}} \cdot l_i \frac{b_p - b_m}{2}. \tag{10}$$

Puterea în complex dezvoltată în miezul masiv al polului, exprimată în funcție de inducția B_{md}, se obține de asemenea cu ajutorul relației (8) și este :

$$\dot{S}_m = \rho \frac{\dot{\beta}}{2k_y} \alpha_0 k^{\frac{1}{2}} \left(k_n k^{-\frac{1}{2}} \alpha_0 \frac{\tau}{\pi} B_{md} \sin\frac{\alpha\pi}{2}\right)^{\frac{3n+1}{n+1}} \cdot \left(\frac{l_i}{l_m + b_m}\right)^{\frac{3n+1}{n+1}} \cdot 2h_b (l_m + b_m). \tag{11}$$

Puterea în complex totală dezvoltată în cei $2p$ poli este deci :

$$\dot{S}_d = \rho \frac{\dot{\beta}}{4k_y} \alpha_0 k^{\frac{1}{2}} \left(k_u k^{-\frac{1}{2}} \alpha_0 \frac{\tau}{\pi} B_{md}\right)^{\frac{3n+1}{n+1}} \tau l_i D_d 2p, \tag{12}$$

unde :

$$D_d = D_{d1} + D_{d2}, \tag{13}$$

$$D_{d1} = \frac{4}{\pi} \int_0^{\frac{\alpha\pi}{2}} (\sin\theta)^{\frac{3n+1}{n+1}} \cdot d\theta, \tag{14}$$

$$D_{d2} = \left[2\frac{b_p - b_m}{\tau} + 4\frac{h_b}{\tau}\left(\frac{l_i}{l_m + b_m}\right)^{\frac{2n}{n+1}}\right] \left(\sin\frac{\alpha\pi}{2}\right)^{\frac{3n+1}{n+1}}. \tag{15}$$

Puterea în complex, dezvoltată în înfășurarea echivalentă longitudinală, în cazul unei mașini cu două faze este [1] :

$$\dot{S}_d = \frac{\left(\frac{2}{\pi} k_d \omega B_{md} \tau l_i w_1 k_{w1}\right)^2}{2\dot{z}^*_{sDd}}. \tag{16}$$

Din relațiile (12) și (16) (rezultă :

$$\dot{z}_{sDd} = \frac{\left(\frac{2}{\pi} k_d \omega B_{md} \tau l_i w_1 k_{w1}\right)^2}{2p\, 2\rho \frac{\dot{\beta}^*}{k_y} \alpha_0 k^{\frac{1}{2}} \frac{\tau}{\pi} \left(k_n k^{-\frac{1}{2}} \alpha_0 \frac{\tau}{\pi} B_{md}\right)^{\frac{3n+1}{n+1}} \cdot l_i \frac{\pi}{4} D_d} \tag{17}$$

Raportarea impedanței z_{sDd} la frecvența din stator se face împărțind pe z_{sDd} cu alunecarea s și înlocuind ω prin $s\omega$. Impedanța unei mașini cu indusul cu m faze se obține înmulțind cu $\frac{m}{2}$ rezultatul găsit pentru mașina cu două faze. Astfel se obține expresia impedanței z_{sDd} raportată la stator pentru o mașină cu m faze la alunecarea s :

$$\dot{z}_{sDd}(s) = \frac{\dot{\beta} \frac{m}{2} \left(\frac{2}{\pi} k_d s\omega B_{md} \tau l_i w_1 k_{w1}\right)^2}{2p\, 2\rho \frac{\beta^2}{k_y} \alpha_0 k^{\frac{1}{2}} \frac{\tau}{\pi} \left(k_n k^{-\frac{1}{2}} \alpha_0 \frac{\tau}{\pi} B_{md}\right)^{\frac{3n+1}{n+1}} \cdot l_i \frac{\pi}{4} D_d} \cdot \frac{1}{s}. \tag{18}$$

Este important să se exprime $z_{sDd}(s)$ în funcție de I_{Dd} și nu de B_{md}, deoarece I_{Dd} trebuie calculat pentru determinarea cuplului. Schema echivalentă a circuitului longitudinal, care se utilizează în mod obișnuit la studiul funcționării

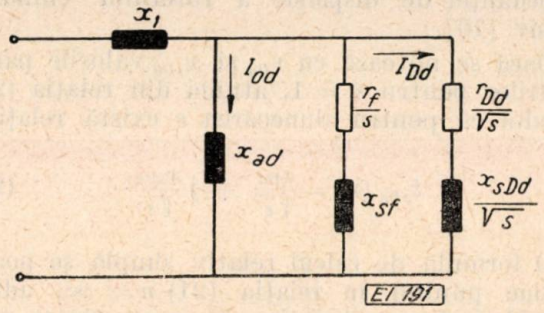


Fig. 3. Schema echivalentă a circuitului longitudinal.

mașinii sincrone în regim asincron, este reprezentată în figura 3. Din schema echivalentă din figura 3 rezultă :

$$\dot{z}_{sDd}\, \dot{I}_{Dd} = jx_{ad}\, \dot{I}_{0d},$$

dar

$$x_{ad}\sqrt{2}\, \dot{I}_{0d} = \frac{2}{\pi} \tau l_i \dot{B}_{md} \omega w_1 k_{w1},$$

deci

$$B_{md} = \frac{z_{sDd}\sqrt{2}\, I_{Dd}}{\omega \frac{2}{\pi} w_1 k_{w1} \tau l_i}. \tag{19}$$

Pentru a exprima impedanța în unități relative trebuie împărțită valoarea dată de relația (18) cu z_N [10], unde

$$z_N = \frac{\sqrt{2}\, l_i w_1^2 k_{w1} m \omega B_\delta v}{\pi p A_N}. \tag{20}$$

Din relațiile (18) și (19) se obține impedanța z_{sDd} exprimată în funcție de curentul I_{Dd} și

împărțind rezultatul cu z_N, rezultă expresia impedanței în unități relative :

$$\dot{z}_{sDd}(s) = \frac{\beta_1 + j\,\beta_2}{\beta} S_n \left(\frac{k_d^2}{D_d}\right)^{\frac{n+1}{2n}} \cdot$$

$$\cdot \frac{1}{B_{\delta N}\,\tau} \sqrt{\frac{A_N^{\frac{n+1}{n}}\, k_{w1}^{\frac{n+1}{n}}\, \rho\pi k}{2f\, I_{Dd}^{\frac{n-1}{n}}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{s}}, \qquad (21)$$

unde :

$$S_n = \frac{1}{\beta^{\frac{n+1}{2n}}} \cdot \frac{k_y^{\frac{n+1}{2n}}}{k_n^{\frac{3n+1}{2n}}} \cdot 2^{\frac{5n+3}{4n}}. \qquad (22)$$

iar curentul I_{Dd} este exprimat de asemenea în unități relative. În cazul în care $n = 1$; $\alpha = 1$; $D_{d2} = 0$ și se regăsește expresia cunoscută a impedanței de dispersie a rotorului cilindric masiv [10].

Dacă se notează cu r_{Dd} și x_{sDd} valorile parametrilor pentru $s = 1$, atunci din relația (21) rezultă că pentru alunecarea s există relația :

$$\dot{z}_{sDd}(s) = \frac{r_{Dd}}{\sqrt{s}} + j\,\frac{x_{sDd}}{\sqrt{s}}. \qquad (23)$$

O formulă de calcul relativ simplă se poate obține punînd în relația (21) $n = \infty$, adică considerînd caracteristica de magnetizare rectangulară [9], ceea ce este, de cele mai multe ori, practic, satisfăcător. În acest caz expresia impedanței de dispersie longitudinale a amortizorului masiv este :

$$\dot{z}_{sDd}(s) = (1{,}15 + j\cdot 0{,}81)\, k_{fd}\, \frac{k_d}{\sqrt{D_d}} \cdot$$

$$\cdot \frac{1}{B_{\delta N}\,\tau} \sqrt{\frac{A_N\, k_{w1}\, \rho\pi k}{2f\, I_{Dd}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{s}}, \qquad (24)$$

unde :

$$D_d = D_{d1} + D_{d2}; \qquad (25)$$

$$D_{d1} = \frac{4}{\pi}\left(\frac{1}{3}\cos^3\frac{\alpha\pi}{2} - \cos\frac{\alpha\pi}{2} + \frac{2}{3}\right); \qquad (26)$$

$$D_{d2} = \left[2\,\frac{b_p - b_m}{\tau} + \frac{4\,h_b}{\tau}\left(\frac{l_i}{l_m + b_m}\right)^2\right] \cdot \sin^3\frac{\alpha\pi}{2}; \qquad (27)$$

$$k = \frac{4}{\pi} B_s. \qquad (28)$$

În figura 4 este dată curba coeficientului D_{d1} dat de relația (26), în funcție de factorul de acoperire α al pasului polar. Coeficientul k_{fd} s-a introdus pentru a se ține seamă de efectul de capăt din axa longitudinală. În cazul rotorului cu inele de conexiune se poate lua $k_{fd} = 1$, iar în cazul rotorului fără inele de conexiune coeficientul k_{fd} se poate determina după cum se indică mai departe la paragraful 4.

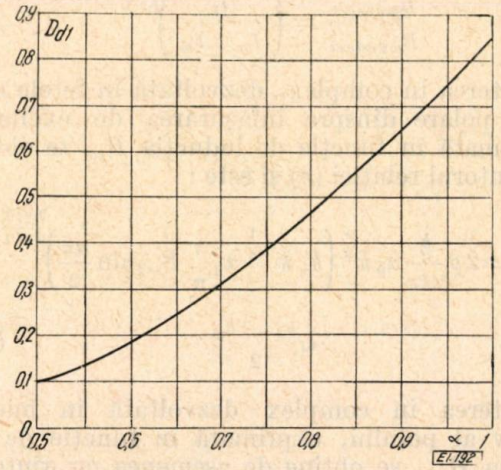


Fig. 4. Curba coeficientului D_{d1} dat de relația (26), în funcție de factorul de acoperire α a pasului polar.

3. Parametrii transversali

Impedanța de dispersie transversală a amortizorului masiv se calculează în mod asemănător cu impedanța longitudinală. Dacă se consideră că fluxul magnetic trece numai prin întrefierul din dreptul pieselor polare, se stabilește ușor că inducția magnetică din axa transversală este dată de relația :

$$\dot{B}_{my} = \frac{\dot{\beta} - 1}{z_k} \cdot \frac{\tau}{\pi} B_{mq} \left(1 - \frac{z}{z_k}\right)^{\dot{\beta}-2} \cdot \left(\cos\frac{\pi}{\tau} y - \cos\frac{\alpha\pi}{2}\right). \qquad (29)$$

Pentru impedanța de dispersie transversală a amortizorului masiv se obține expresia :

$$\dot{z}_{sDq}(s) = \frac{\beta_1 + j\beta_2}{\beta} S_n \left(\frac{k_q^2}{D_q}\right)^{\frac{n+1}{2n}} \frac{1}{B_{\delta N}\,\tau} \sqrt{\frac{A_N^{\frac{n+1}{n}}\, k_{w1}^{\frac{n+1}{n}}\, \rho\pi k}{2f\, I_{Dq}^{\frac{n-1}{n}}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{s}}, \qquad (30)$$

unde :

$$D_q = \frac{4}{\pi} \int_0^{\frac{\alpha\pi}{2}} \left(\cos\theta - \cos\frac{\alpha\pi}{2}\right)^{\frac{3n+1}{n+1}} \cdot d\theta; \qquad (31)$$

S_n este dat de relația (22), iar curentul I_{Dq} este exprimat ca și z_{sDq}, în unități relative.

Dacă se notează cu r_{Dq} și x_{sDq} valorile parametrilor transversali pentru $s = 1$, atunci din relația (30) rezultă că pentru alunecarea s există relația :

$$\dot{z}_{sDq}(s) = \frac{r_{Dq}}{\sqrt{s}} + j\,\frac{x_{sDq}}{\sqrt{s}}. \qquad (32)$$

În cazul caracteristicii de magnetizare rectangulare, adică pentru $n = \infty$, expresia impedanței de dispersie transversale a amortizorului masiv este:

$$\dot{z}_{eDq}(s) = (1{,}15 + \mathrm{j}\ 0{,}81)\ k_{fq}\ \frac{k_q}{\sqrt{D_q}} \cdot \frac{1}{B_{\delta N}\,\tau}\sqrt{\frac{A_N\,k_{w1}\,\rho\,\pi\,k}{2f\,I_{Dq}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{s}}, \qquad (33)$$

unde:

$$D_q = \frac{4}{\pi}\left(\sin\frac{\alpha\pi}{2} - \frac{1}{3}\sin^3\frac{\alpha\pi}{2} + \frac{3}{2}\sin\frac{\alpha\pi}{2}\cos^2\frac{\alpha\pi}{2} - \frac{3}{2}\cdot\frac{\alpha\pi}{2}\cos\frac{\alpha\pi}{2} - \frac{\alpha\pi}{2}\cos^3\frac{\alpha\pi}{2}\right). \qquad (34)$$

În figura 5 este reprezentată curba coeficientului $\sqrt{D_q}$ dat de relația (34), în funcție de factorul de acoperire α a pasului polar. Coeficientul k_{fq} a fost introdus pentru a se ține seamă de efectul de capăt din axa transversală. În cazul rotorului cu inele de conexiune se poate

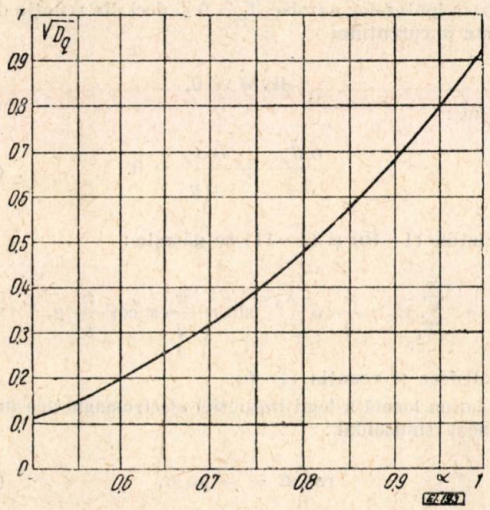


Fig. 5. Curba coeficientului $\sqrt{D_q}$ dat de relația (34), în funcție de factorul de acoperire α a pasului polar.

lua $k_{fq} = 1$, iar în cazul rotorului fără inele de conexiune coeficientul k_{fq} se poate calcula după cum se indică la paragraful următor.

Schema echivalentă a circuitului transversal este reprezentată în figura 6.

4. Efectul de capăt

Efectul de capăt se va calcula, pentru suprafața desfășurată a polilor, pentru axa longitudinală conform figurii 7, iar pentru axa transversală conform figurii 8.

Se va lua în considerare numai armonica fundamentală de spațiu a densității de curent, cu pasul polar $b_d = b_p + h_d$, unde $h_d = b_p - b_m$, pentru axa longitudinală; $b_q = b_p + 2h_q$, unde h_q este lungimea liniei *abcd* din figura 2, pentru axa transversală. Astfel, factorul k_f este funcție de $\frac{b}{l}$; pentru axa longitudinală factorul k_f s-a notat

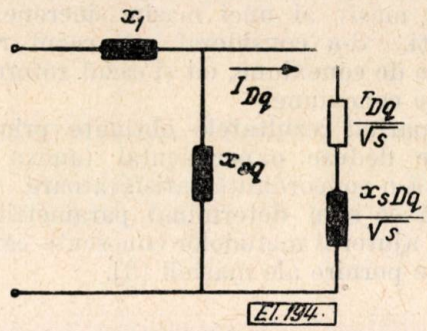


Fig. 6. Schema echivalentă a circuitului transversal.

cu k_{fd}, iar pentru axa transversală cu k_{fq}; b s-a notat cu b_d, respectiv b_q, iar l reprezintă în ambele cazuri lungimea piesei polare adică

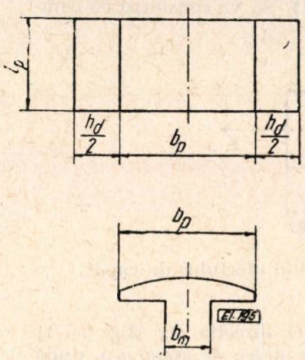


Fig. 7. Explicativă la determinarea lățimii desfășurate pentru calculul coeficientului k_{fd}.

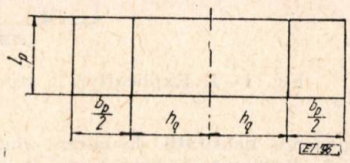


Fig. 8 — Explicativă la determinarea lățimii desfășurate pentru calculul coeficientului k_{fq}.

este l_p. Factorul k_f se poate calcula cu ajutorul relației (anexa I):

$$k_f = \frac{1}{1 - \frac{2}{\pi}\cdot\frac{b}{l}\,\mathrm{th}\,\frac{\pi}{2}\,\frac{l}{b}} \qquad (35)$$

sau se poate lua din figura 9.

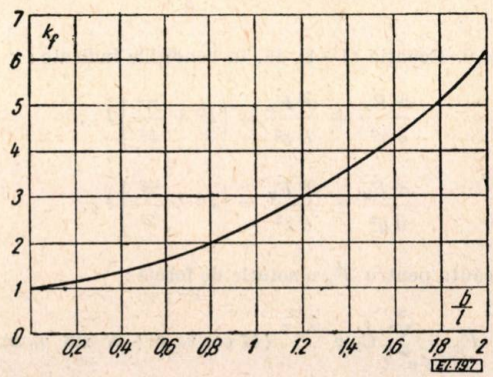


Fig. 9. Curba coeficientului prin care se ia în considerare efectul de capăt.

5. Concluzii

Metoda de calcul prezentată cuprinde formule relativ simple, fundamentate teoretic, cu care se pot determina parametrii amortizorului masiv ai unei mașini sincrone cu poli aparenți. S-a considerat atît cazul rotorului cu inele de conexiune, cît și cazul rotorului fără inele de conexiune.

Comparînd rezultatele obținute prin calcul, cu cele deduse experimental (anexa II), se constată o concordanță satisfăcătoare.

După ce s-au determinat parametrii se pot găsi cu ajutorul metodelor cunoscute caracteristicile de pornire ale mașinii [3].

ANEXA I

Calculul efectului de capăt la o piesă dreptunghiulară cu suprafața plană

Se va presupune că componenta normală a inducției magnetice este sinusoidal repartizată în lungul axei Oy, fiind maximă în dreptul lui O (fig. I – 1). Se va considera că com-

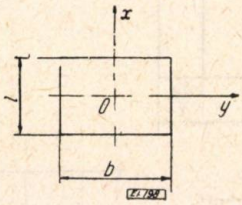


Fig. I—1. Explicativă la studiul efectului de capăt.

ponenta densității de curent după direcția Ox (fig. I—1) este distribuită în lungul axei Oy a piesei, de asemenea, după o lege sinusoidală. Se va presupune permeabilitatea constantă. Modulul fazorilor din anexa de față reprezintă valori eficace.

Densitatea de curent $\dot{J}$, satisface ecuația diferențială cunoscută :

$$\nabla^2 \dot{J} = \dot{k}^2 \dot{J}, \tag{I—1}$$

unde :

$$\dot{k} = j\frac{\mu\omega}{\rho}. \tag{I—2}$$

În cazul de față, conform ipotezelor admise, $\dot{J}_x$ este de forma :

$$\dot{J}_x = \dot{F}_x \sin\frac{\pi}{b} y \tag{I—3}$$

și $\dot{J}_z = 0$. Ecuația (I—1) dă, în condițiile indicate :

$$\frac{\partial^2 \dot{F}_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \dot{F}_x}{\partial z^2} = \left(\dot{k}^2 + \frac{\pi^2}{b^2}\right)\dot{F}_x, \tag{I—4}$$

$$\frac{\partial^2 \dot{F}_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \dot{F}_y}{\partial z^2} = \left(\dot{k}^2 + \frac{\pi^2}{b^2}\right)\dot{F}_y. \tag{I—5}$$

Se va căuta pentru $\dot{F}_x$ o soluție de forma :

$$\dot{F}_x = \sum_{n=1}^{\infty} \dot{C}_n e^{-\dot{\lambda}_n z} (M \cos \nu_n x + N \sin \nu_n x),$$

unde :

$$\dot{\lambda}_n = \eta_n + j\gamma_n, \tag{I—6}$$

ținînd seamă de simetria față de axa Oy se obține :

$$\dot{F}_x = \sum_{n=1}^{\infty} \dot{C}_n e^{-\dot{\lambda}_n z} \cos \nu_n x. \tag{I—7}$$

$$\text{La } y = \pm\frac{l}{2};\quad \dot{F}_x = 0;$$

deci din relația (I—7) se obține :

$$\nu_n = n\frac{\pi}{l}, \tag{I—8}$$

unde :

$$n = 2h + 1.$$

Înlocuind în relația (I—4) pe $\dot{F}_x$ din relația (I—7) rezultă :

$$\dot{\lambda}_n^2 = \dot{k}^2 + \left(\frac{\pi}{b}\right)^2 + \left(n\frac{\pi}{l}\right)^2. \tag{I—9}$$

Din relațiile (I—3), (I—7), (I—9) rezultă :

$$\dot{J}_x = \sum_{n=1}^{\infty} \dot{C}_n e^{-\dot{\lambda}_n z} \cos n\frac{\pi}{l} x \sin\frac{\pi}{b} y. \tag{I—10}$$

În baza ipotezelor admise $\dot{J}_z = 0$ și deci din ecuația de continuitate a curentului

$$\operatorname{div} \dot{\boldsymbol{J}} = 0,$$

se obține :

$$\frac{\partial \dot{J}_x}{\partial x} + \frac{\partial \dot{J}_y}{\partial y} = 0. \tag{I—11}$$

Din relațiile (I—10) și (I—11) se găsește :

$$\dot{J}_y = -\sum_{n=1}^{\infty} \dot{C}_n n\frac{b}{l} e^{-\dot{\lambda}_n z} \sin n\frac{\pi}{l} x \cos\frac{\pi}{b} y, \tag{I—12}$$

care satisface și ecuația (I—5).

Din forma locală a legii inducției electromagnetice în regim permanent sinusoidal :

$$\operatorname{rot} \dot{\boldsymbol{E}} = -j\omega \dot{\boldsymbol{B}}, \tag{I—13}$$

se deduce pentru cazul care se examinează :

$$\dot{B}_z = j\frac{\rho}{\omega}\left(\frac{\partial \dot{J}_y}{\partial x} - \frac{\partial \dot{J}_x}{\partial y}\right). \tag{I—14}$$

Se consideră componenta B_z a inducției magnetice :

$$B_z = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cos n\frac{\pi}{l} x \cos\frac{\pi}{b} y. \tag{I—15}$$

Din relațiile (I—10), (I—12), (I—14), (I—15) rezultă :

$$\dot{C}_n = j\frac{\omega}{\rho}\cdot\frac{b}{\pi}\cdot\frac{1}{1+\left(n\frac{b}{l}\right)^2}\cdot B_n. \tag{I—16}$$

Pierderile pe pasul polar b sînt :

$$P_b = 4\rho\int_0^{\infty} dz \int_{x=0}^{x=\frac{l}{2}}\int_{y=0}^{y=\frac{b}{2}} (J_x^2 + J_y^2)\, dx\, dy, \tag{I—17}$$

şi ţinînd seamă de relaţiile (I—10), (I—12), (I—16):

$$P_b = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{4} \cdot \frac{\rho}{2\eta_n} C_n^2 \left[1 + \left(n\frac{b}{l}\right)^2\right] (bl) =$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2\eta_n} \cdot \frac{\omega^2}{\rho} \cdot \frac{b^2}{\pi^2} \cdot \frac{B_n^2}{1 + \left(n\frac{b}{l}\right)^2} (bl). \qquad (I-18)$$

Dacă curenţii ar fi paraleli cu axa Ox, nu ar exista decît componenta J_x a densităţii de curent, iar pierderile pe pasul polar b, datorite numai lui J_x, sînt:

$$P_l = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{\eta_0} \cdot \frac{\omega^2}{\rho} \cdot \frac{b^2}{\pi^2} B_0^2 (bl). \qquad (I-19)$$

Factorul prin care se ţine seamă de pierderile datorite componentei J_y a densităţii de curent, adică de efectul de capăt, este:

$$k_f = \frac{P_l}{P_b},$$

sau:

$$k_f = \frac{1}{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\eta_0}{2\eta_n} \left(\frac{B_n}{B_0}\right)^2 \frac{1}{1 + \left(\frac{nb}{l}\right)^2}}. \qquad (I-20)$$

Dacă curba $B_z = f(x)$ este de formă dreptunghiulară, se poate scrie:

$$B_n = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{n} B_0; \quad n = 2h + 1;$$

şi rezultă:

$$k_f = \frac{1}{\sum_{\substack{n=1 \\ (n=2h+1)}}^{\infty} \frac{\eta_0}{2\eta_n} \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \left(\frac{1}{n}\right)^2 \frac{1}{1 + \left(n\frac{b}{l}\right)^2}}. \qquad (I-21)$$

Limita inferioară a lui k_f se obţine punînd $\frac{\eta_0}{\eta_n} = 1$. O limită superioară se poate obţine luînd primii termeni ai seriei de la numitorul membrului al doilea al relaţiei (I—21). Calculul, pentru valorile numerice care se întîlnesc în practică, arată că limita superioară astfel obţinută este apropiată de limita inferioară.

Însumînd seria de la numitorul expresiei (I-21) pentru $\frac{\eta_0}{\eta_n} = 1$, se obţine:

$$k_f = \frac{1}{1 - \frac{2}{\pi} \cdot \frac{b}{l} \operatorname{th} \frac{\pi}{2} \cdot \frac{l}{b}}. \qquad (I-22)$$

ANEXA II

Exemplu de calcul

Calculul parametrilor amortizorului masiv al unei maşini sincrone [3]: tip MSA — G, de putere nominală $P_N = 500$ kW, tensiune nominală între faze $U = 6\,000$ V, curentul nominal pe fază $I_N = 51{,}5$ A, conexiunea stea, $\cos\varphi = 1$, $n = 750$ rot/min, $f = 50$ Hz.

Datele maşinii necesare calculului parametrilor sînt următoarele, după fişa de calcul:

l_i, cm	l_p, cm	l_m, cm	τ, cm	b_p, cm	b_m, cm	h_q, cm	D_{int}, cm	k_{w1}	w_1
56	63	63	28,3	20	10	20,5	72	0,902	240

Se calculează [10]:

$$\alpha = 0{,}707;$$

$$k_d = \frac{\alpha\pi + \sin\alpha\pi}{\pi} = \frac{0{,}707\,\pi + \sin 127°\,16'}{\pi} = 0{,}960;$$

$$k_q = \frac{\alpha\pi - \sin\alpha\pi}{\pi} = \frac{0{,}707\,\pi - \sin 127°\,16'}{\pi} = 0{,}454;$$

$$\Phi_1 = \frac{E}{\pi\sqrt{2}\,k_{w1} w_1 f} = \frac{3\,470}{\pi\sqrt{2}\cdot 0{,}902\cdot 240\cdot 50} = 0{,}0725 \text{ Wb};$$

$$B_{\delta N} = \frac{1}{\frac{2}{\pi}\tau\, l_i} = \frac{0{,}0725}{\frac{2}{\pi}\cdot 28{,}3\cdot 56} = 0{,}72\cdot 10^{-4} \text{ Wb/cm}^2;$$

$$A_N = \frac{2\, m w_1 I_N}{\pi D} = \frac{2\cdot 3\cdot 240\cdot 51{,}5}{\pi\cdot 72} = 328 \text{ A/cm}.$$

Calculul parametrilor longitudinali se va face cu ajutorul relaţiei (24) pentru $s = 1$, $I_{Dd} = 1$:

$$\dot{z}_{sDd} = k_{fd}\,(1{,}15 + \mathrm{j}\,0{,}81)\,\frac{k_d}{\sqrt{D_d}} \cdot \frac{1}{B_{\delta N}\tau} \sqrt{\frac{A_N k_{w1} \rho\, \pi\, k}{2f\, I_{Dd}}} =$$

$$= k_{fd}\,(1{,}15 + \mathrm{j}\,0{,}81)\,\frac{0{,}960}{\sqrt{0{,}829}} \cdot \frac{1}{0{,}72\cdot 10^{-4}\cdot 28{,}3} \cdot$$

$$\cdot \sqrt{\frac{328\cdot 0{,}902\cdot 2\cdot 10^{-5}\cdot\pi\cdot 2\cdot 10^{-4}}{2\cdot 50}} = k_{fd}\,(0{,}115 + \mathrm{j}\,0{,}081), \text{ u.r.}$$

$$D_d = D_{d1} + D_{d2} = 0{,}321 + 0{,}508 = 0{,}829.$$

Din curba din figura 4 sau cu ajutorul relaţiei (26), se obţine: $D_{d1} = 0{,}321$.

Miezul polului nu este masiv, astfel încît în expresia lui D_{d2} se reţine numai primul termen din paranteză:

$$D_{d2} = 2\,\frac{b_p - b_m}{\tau} \sin^3\frac{\alpha\pi}{2} = 2\cdot\frac{20-10}{28{,}3}\,(\sin 63°\,38')^3 = 0{,}508,$$

$$k = \frac{4}{\pi} B_s = 2\cdot 10^{-4} \text{ Wb/cm}^2,$$

după curba de magnetizare a oţelului; $\rho = 2\cdot 10^{-5}\ \Omega$ cm.

Dacă rotorul este prevăzut cu inele de conexiune se poate lua $k_{fd} = 1$ şi în acest caz:

$$r_{Dd} = 0{,}115 \text{ u.r.}; \quad x_{sDd} = 0{,}081 \text{ u.r.}$$

Pentru acest caz, din încercările experimentale s-au dedus valorile [3]:

$$r_{Dd} = 0{,}120 \text{ u.r.}; \quad x_{sDd} = 0{,}090 \text{ u.r.}$$

Dacă rotorul nu este prevăzut cu inele de conexiune, din curba din figura 9, sau cu ajutorul relaţiei (35), se găseşte: $k_{fd} = 1{,}43$;

pentru

$$\frac{b}{l} = \frac{30}{63} = 0{,}477,$$

unde

$$b = b_d = b_p + (b_p - b_m) = 20 + (20 - 10) = 30 \text{ cm};$$

$$l = l_p = 63 \text{ cm}.$$

Astfel pentru rotorul fără inele de conexiune se obține:

$$r_{Dd} = 0{,}164 \text{ u.r.}; \quad x_{sDd} = 0{,}116 \text{ u.r.}$$

Pentru acest caz din încercările experimentale s-au dedus valorile:

$$r_{Dd} = 0{,}154 \text{ u.r.}; \quad x_{sDd} = 0{,}116 \text{ u.r.}$$

Calculul parametrilor transversali se va face cu ajutorul relației (33) pentru $s = 1$, $I_{Dq} = 1$:

$$\dot{z}_{sDq} = k_{fq}(1{,}15 + \text{j}\,0{,}81)\frac{k_q}{\sqrt{D_q}} \cdot \frac{1}{B_{\delta N}\tau}\sqrt{\frac{A_N k_{w1} \varrho \pi k}{2f I_{Dq}}} =$$

$$= k_{fq}(1{,}15 + \text{j}\,0{,}81)\frac{0{,}454}{0{,}333} \cdot \frac{1}{0{,}72 \cdot 10^{-4} \cdot 28{,}3} \cdot$$

$$\cdot \sqrt{\frac{328 \cdot 0{,}902 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \pi \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 50}} = k_{fq}(0{,}150 + \text{j}\,0{,}106) \text{ u.r.}$$

Din curba din figura 5 sau cu ajutorul relației (34), se obține: $\sqrt{D_q} = 0{,}333$.

Dacă rotorul este prevăzut cu inele de conexiune se poate lua $k_{fq} = 1$ și în acest caz:

$$r_{Dq} = 0{,}150 \text{ u.r.}; \quad x_{sDq} = 0{,}106 \text{ u.r.}$$

Pentru acest caz din încercările experimentale s-au dedus valorile:

$$r_{Dq} = 0{,}148 \text{ u.r.}; \quad x_{sDq} = 0{,}110 \text{ u.r.}$$

Dacă rotorul nu este prevăzut cu inele de conexiune, din curba din figura 9 sau cu ajutorul relației (35), se obține:

$$k_{fq} = 2{,}32$$

pentru

$$\frac{b}{l} = \frac{61}{63} = 0{,}968,$$

unde:

$$b = b_q = b_p + 2h_q = 20 + 2.20{,}5 = 61 \text{ cm}$$

$$l = l_p = 63 \text{ cm}.$$

Se obține astfel pentru rotorul fără inele de conexiune:

$$r_{Dq} = 0{,}348 \text{ u.r.}; \quad x_{sDq} = 0{,}246 \text{ u.r.}$$

Pentru acest caz din încercările experimentale s-au dedus valorile:

$$r_{Dq} = 0{,}308 \text{ u.r.}; \quad x_{sDq} = 0{,}232 \text{ u.r.}$$

Notațiile principale

A_N — valoarea nominală a păturii liniare de curent;
$B_{\delta N}$ — valoarea maximă a inducției magnetice nominale în întrefier;
B_m — valoarea maximă a inducției magnetice;
B_{mz0} — valoarea maximă a componentei normale a inducției magnetice, pentru $y = z = 0$;
B_{my0} — valoarea maximă a componentei tangențiale a inducției magnetice, pentru $z = 0$;
B_{md} — valoarea maximă a inducției magnetice în axa longitudinală, dacă întrefierul ar fi constant și egal cu întrefierul echivalent în axa polului;
B_{mq} — valoarea maximă a inducției magnetice în axa transversală, definită analog lui B_{md};
B_s — valoarea inducției magnetice de saturație, din caracteristica de magnetizare a oțelului;
b_m — lățimea miezului polului (fig. 7);
b_p — lățimea piesei polare (fig. 7);
D_d — coeficient dat de relațiile (13) sau (25);
D_q — coeficient dat de relațiile (31) sau (34);
D_{int} — diametrul interior al statorului;
H_m — valoarea maximă a intensității cîmpului magnetic;
H_{my0} — valoarea maximă a componentei tangențiale a cîmpului magnetic pentru $z = 0$;
h_b — lungimea liniei *bcd* din figura 2;
h_q — lungimea liniei *abcd* din figura 2;
I_{Dd} — curent echivalent longitudinal (fig. 3);
I_{Dq} — curent echivalent transversal (fig. 6);
$j = \sqrt{-1}$;
k — coeficient din relația (1) pentru o caracteristică de magnetizare oarecare și care este dat de relația (28) pentru o caracteristică de magnetizare rectangulară;
k_d — raportul dintre amplitudinea armonicii fundamentale a inducției magnetice produse în întrefier de o t. m. m. longitudinală sinusoidal repartizată, întrefierul fiind cel real și amplitudinea curbei inducției magnetice produse în întrefier de aceeași t. m. m., întrefierul fiind constant în lungul arcului polar și egal cu întrefierul echivalent din axa polului;
k_q — coeficient corespunzător axei transversale, analog lui k_d din axa longitudinală;
k_f — coeficient prin care se ține seamă la calculul parametrilor de efectul de capăt, se notează cu k_{fd} pentru axa longitudinală și cu k_{fq} pentru axa transversală;
k_n — coeficient dat de relația (5);
k_y — coeficient dat de relația (4);
k_{w1} — factorul de înfășurare al bobinajului statorului;
l_i — lungimea ideală a mașinii;
l_m — lungimea miezului polului;
l_p — lungimea piesei polare;
m — numărul de faze ale înfășurării statorului;
n — coeficient din relația (1);
p — numărul de perechi de poli;
r_{Dd} — rezistența longitudinală a amortizorului masiv raportată la stator (pentru $s = 1$);
r_{Dq} — rezistența transversală a amortizorului masiv, raportată la stator (pentru $s = 1$);
r_f — rezistența înfășurării de excitație raportată la stator;
s — alunecarea;
u.r. — unități relative;
w_1 — numărul de spire pe fază a înfășurării statorului.
x_1 — reactanța de scăpări pe fază a înfășurării statorului;
x_{ad} — reactanța ciclică longitudinală a circuitului magnetizant;
x_{aq} — reactanța ciclică transversală a circuitului magnetizant;
x_{sDd} — reactanța de scăpări longitudinală a amortizorului masiv raportată la stator (pentru $s=1$);
x_{sDq} — reactanța de scăpări transversală a amortizorului masiv raportată la stator (pentru $s = 1$);
x_{sf} — reactanța de scăpări a înfășurării de excitație raportată la stator;
z_k — adîncimea pînă la care pătrunde cîmpul electromagnetic;
$\dot{z}_{sDd} = \frac{r_{Dd}}{\sqrt{s}} + j\frac{x_{sDd}}{\sqrt{s}}$ — impedanța de dispersie longitudinală a amortizorului masiv, raportată la stator;
$\dot{z}_{sDq} = \frac{r_{Dq}}{\sqrt{s}} + \text{j}\frac{x_{sDq}}{\sqrt{s}}$ — impedanța de dispersie transversală a amortizorului masiv, raportată la stator;

α — factorul de acoperire a pasului polar;
α_0 — coeficient dat de relația (6);
β — coeficient dat de relația (3);
μ — permeabilitatea magnetică;
μ_0 — permeabilitatea vidului (constanta magnetică);
$\mu_e = \frac{B_{m\nu 0}}{H_{m\nu 0}}$;
ρ — rezistivitatea;
σ — conductivitatea electrică;
τ — pasul polar;
Φ_1 — valoarea maximă a fluxului magnetic nominal;
ω — pulsația.

Bibliografie

[1] *Nicolaide, A. C.* Calculul parametrilor înfășurărilor de amortizare ale mașinilor sincrone cu poli aparenți. In: Electrotehnica **11**, nr. 1, 1963, p. 1—10.

[2] *Reed, A. B. D.* Construcția mașinilor sincrone moderne. In: Electrical Review **172**, nr. 18, mai 1963, p. 705—711; tradus în: Energetică-Electrificare-Electrotehnică,caiet selectiv I.D.T., nr. 9, 1963, p. 519—526.

[3] *Nicolaide, A. C.* și *Drăgănescu, O.* Caracteristicile de pornire ale motoarelor sincrone cu poli aparenți masivi. In: Electrotehnica **11**, nr. 6, 1963, p. 215—225.

[4] *Avramescu, A.* Efectul pelicular tranzitoriu. In: Bul. șt. al Academiei R.P.R., Științe tehn. și chim. **4**, nr. 3—4, 1952, p. 225—239.

[5] *Avramescu, A.* Über die Zeitkonstante des Skineffektes. In: ETZ-A **80**, nr. 3, 1959, p. 78—82.

[6] *Răduleț, R.* Zur Theorie der Eisenlosen Induktionsöfen. Timișoara, Tipografia românească, 1931.

[7] *Mc Lean, W.* Theory of Strong Electromagnetic Waves in Massive Iron. In: Journal of Applied Physics **25**, 1954, p. 1 267 — 1 270.

[8] *Neiman, L. P.* Poverhnostnii effekt v ferromagnitnih telah. Moscova, Gosenergoizdat, 1949.

[9] *Nicolaide, A. C.* Analiza neliniară a propagării cîmpului electromagnetic în piese feromagnetice. In: Electrotehnica **12**, nr. 9, 1964, p. 320—330.

[10] *Postnikov, I. M.* Proiektirovanie elektriceskih mașin. Kiev, Gos. izd. tehn. lit., 1960.

Intrat în redacție la 5.II.1965

Verificarea condițiilor de autopornire a motoarelor electrice asincrone în scurtcircuit

Dan Cotorogea* — București

CZ 621.313.333.2—573

Mecanismele întreprinderilor industriale sau ale serviciilor proprii dintr-o centrală electrică pot fi împărțite în două grupe, în funcție de influența lor asupra funcționării agregatelor de bază:

a) mecanisme principale a căror oprire provoacă pierderi în producție sau degradarea utilajului;

b) mecanisme secundare, care pot fi oprite un anumit timp, fără ca producția sau utilajele să aibă de suferit.

În sistemele de alimentare cu energie electrică pot să apară avarii (scurtcircuite etc.) care au ca rezultat scăderea tensiunii pe una din secțiile de bare, care alimentează agregatele industriale sau serviciile proprii ale unei centrale.

De obicei, sistemele de protecție restabilesc tensiunea într-un timp relativ scurt.

În felul acesta motoarele care nu s-au deconectat și care la micșorarea sau dispariția tensiunii își încetiniseră turația, la revenirea tensiunii vor accelera din nou și vor ajunge la turația nominală. Această operație poartă denumirea de autopornirea motoarelor electrice. Introducerea autopornirii ca măsură generală este necesară, deoarece s-a constatat că numeroase avarii grave în centralele electrice și întreprinderile industriale s-au produs datorită deconectării unor motoare importante în timpul unor scurtcircuite trecătoare.

* Ing. *D. Cotorogea* este inginer proiectant la I.S.P.E.

Posibilități de realizare

Pentru a se realiza autopornirea motoarelor principale este necesar, în primul rînd, ca acestea să nu fie deconectate de la bare în cazul unor defecte în rețea. Aceasta se realizează prin atingerea următoarelor două obiective.

a) Motoarele mecanismelor principale să nu fie deconectate instantaneu de către protecția de tensiune minimă, ci cu o temporizare convenabilă, superioară celei la care este reglată protecția de scurtcircuit și AAR pentru barele lor de alimentare sau chiar de loc. Protecția de minimă tensiune se va prevedea numai acolo unde procesul tehnologic cere acest lucru sau, cu o mică temporizare, pentru motoarele mecanismelor secundare, care ar trebui să fie deconectate pentru a ajuta pornirea celorlalte.

b) Pentru motoare, protecția scurtcircuitelor nu trebie să fie combinată cu cea contrasuprasarcinilor, deoarece, în acest caz, timpul de reglaj al protecției fiind scăzut, la ușoare scăderi de tensiune motorul, pentru a da puterea cerută de mecanism, va absorbi din rețea un curent mai mare, ceea ce ar duce la declanșarea lui; în plus, declanșarea la scurtcircuitele dintr-un motor sau de pe fiderul lui de alimentare se va face cu întîrziere, scăderea tensiunii producînd neajunsuri celorlalte motoare.

Autopornirea se recomandă, în special, pentru motoarele alimentate de pe secțiile de bare prevăzute cu anclanșare automată a rezervei (AAR); altfel, existența schemei AAR nu ar fi justificată dacă motoarele ar trebui repornite

manual, unul după altul, la revenirea tensiunii. Timpul de lucru al AAR va trebui să fie cît mai redus posibil pentru ca motoarele să nu-și încetinească prea mult turația, dar superior timpului protecțiilor de scurtcircuit, ca AAR să nu lucreze la scurtcircuite în rețea înainte ca acestea să fie separate.

Teoria autopornirii

În cele ce urmează se va stabili o metodă de verificare a condițiilor de autopornire a motoarelor electrice asincrone, plecînd de la verificarea condițiilor de pornire care se face cu relația [3]:

$$\left(\frac{U_p}{U_n}\right)^2 m_p \geqslant 1{,}1\ k_i\ m_{in\,mec}, \qquad (1)$$

unde:

$\frac{U_p}{U_n}$ este raportul dintre tensiunile la bornele motorului la pornire și în regim nominal;

m_p — multiplul cuplului de pornire față de cuplul nominal al motorului;

k_1 — raportul dintre puterea mecanismului și puterea motorului;

$m_{in\,mec}$ — raportul dintre cuplul rezistent inițial al mecanismului și cuplul său nominal.

Fenomenul autopornirii diferă de cel al pornirii doar prin faptul că la aplicarea tensiunii

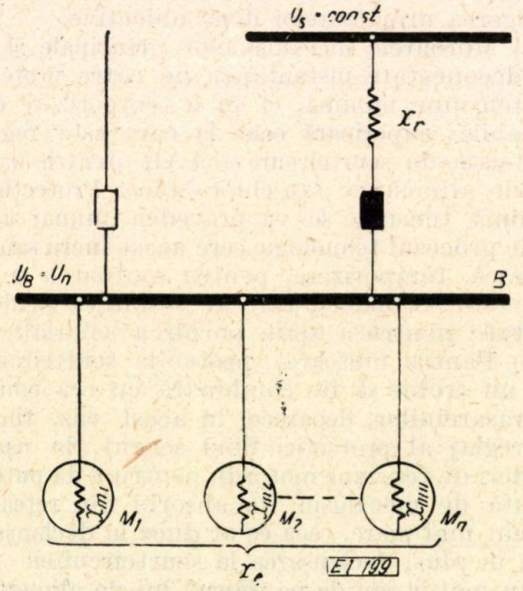


Fig. 1. Schema de alimentare a motoarelor.

motorul are deja o turație n_a, deci și o alunecare S_a. Formula (1) devine în cazul autopornirii:

$$\left(\frac{U_a}{U_n}\right)^2 m_a \geqslant 1{,}1\ k_1\ m_r, \qquad (1\ a)$$

unde:

$\frac{U_a}{U_n}$ este raportul dintre tensiunea la bornele motorului la autopornire și tensiunea în regim normal;

m_a — multiplul cuplului motor la autopornire (la alunecarea S_a);

m_r — multiplul cuplului rezistent al mecanismului la autopornire (la alunecarea S_a).

Verificarea condițiilor de autopornire trebuie făcută pentru cazul cel mai defavorabil, adică

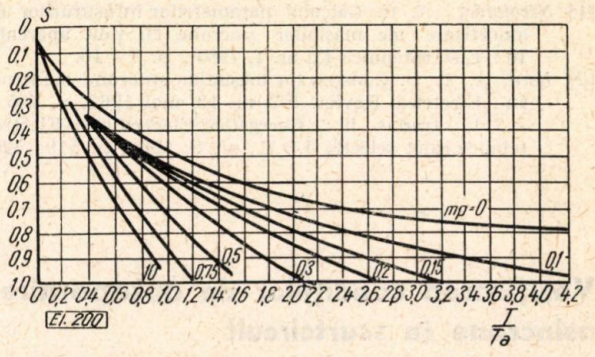


Fig. 2. Variația alunecării în funcție de timpul relativ de oprire la diferite cupluri rezistente la pornire [2].

presupunînd că tensiunea dispare complet de pe secția de bare B (fig. 1) de pe care se alimentează motoarele și revine după un timp t. Acest timp se va stabili în funcție de timpii din schemele de protecție și din schema AAR, luîndu-se valori acoperitoare.

În continuare se calculează constanta mecanică de timp a motorului și mecanismului [2] pentru fiecare agregat în parte:

$$T_a = \frac{(GD^2_{mot} + GD^2_{mec})\ n^2}{364\ P_n \cdot 10^3}, \text{ s}, \qquad (3)$$

unde:

GD^2_{mot}, GD^2_{mec} sînt momentele masei în rotație pentru motor, respectiv, mecanism, kgm²;

n — turația nominală a agregatului, rot/min;

P_n — puterea motorului, kW.

În funcție de raportul t/T_a, din diagrama din figura 2 rezultă alunecarea S_a pentru fiecare motor.

După [2], curentul rotoric redus al motorului asincron în funcție de alunecarea S este:

$$I'_2 = \frac{U_1}{X_k \sqrt{1 + \left(\frac{S_k}{S}\right)^2}} \qquad (4)$$

unde:

U_1 este tensiunea statorică, V;

X_k — reactanța de scurtcircuit, Ω;

S_K — alunecarea critică.

Dacă se neglijează curentul de magnetizare și se înlocuiește $U_1/X_k = I_p$ (curentul de pornire), rezultă curentul statoric în funcție de alunecare :

$$I_a = \frac{I_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{S_K}{S_a}\right)^2}}, \qquad (4\text{ a})$$

unde :

$$S_K = S_n \left(m_k + \sqrt{m_k^2 - 1}\right), \qquad (5)$$

în care m_k este multiplul cuplului critic față de cuplul nominal.

Căderea de tensiune pe secția de bare B (egală cu căderea de tensiune la bornele motoarelor, dacă se neglijează impedanțele cablurilor de alimentare) se calculează pornind de la curentul total de autopornire absorbit la revenirea tensiunii, care va fi :

$$I_{at} = I_r + \sum_1^n I_a, \qquad (6)$$

unde I_r este curentul absorbit de celelalte receptoare cu reactanță constantă alimentate de pe barele B care rămîn conectate și care absorb la pornire curentul nominal (lămpi, rezistențe, tablouri termotehnice etc.).

Reactanța echivalentă la autopornire a motoarelor și receptoarelor cu reactanță constantă racordate în paralel pe barele B va fi, neglijînd rezistențele active :

$$x_e = \frac{U_n}{\sqrt{3}\, I_{at}}, \ \Omega. \qquad (7)$$

Tensiunea pe barele B, la autopornire, raportată la tensiunea nominală va fi dată de formula :

$$\frac{U_{Ba}}{U_n} = \frac{x_e}{x_e + x_r}, \qquad (8)$$

unde x_r este reactanța rețelei de la barele de putere infinită pînă la barele B (fig. 1) și se va calcula pentru fiecare caz în parte funcție de configurația rețelei.

Mai trebuie determinate, pentru fiecare agregat în parte, cuplul motor și cuplul rezistent (sau multiplii lor față de cuplul nominal) la alunecările din momentul autopornirii. Cuplul motor m_a se determină, funcție de alunecarea S_a, de pe curba $m \equiv f(s)$ care se va construi pentru fiecare motor, cunoscînd patru puncte ale ei ($S = 0$, $m = 0$; $S = S_n$, $m = 1$; $S = S_k$, $m = m_k$ și $S = 1$, $m = m_p$). Cuplul rezistent m_r se va determina după cum urmează :

— pentru mecanismele cu cuplul rezistent constant

$$m_r = 1 ; \qquad (9)$$

— pentru mecanismele de tip ventilator, după [2],

$$m_r = a + b\ (1 - S_a)^2, \qquad (10)$$

unde $a + b = 1$. Dacă a nu se cunoaște se poate lua egal cu 0,15 și relația (10) devine :

$$m_r = 0{,}15 + 0{,}85\ (1 - S_a)^2 ; \qquad (10\text{ a})$$

— pentru pompe cu contrapresiuni hidrostatice valorile lui m_r se vor alege din figura 3.

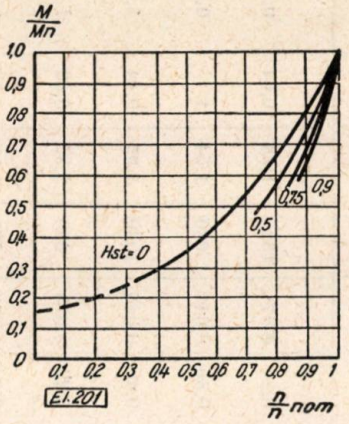


Fig. 3. Curba cuplului rezistent pentru pompe cu contrapresiuni hidrostatice diferite (Hst) [2].

O dată găsite valorile lui $\frac{U}{U_n}$, m_a și m_r, se introduc în relația (1 a). Motoarele pentru care relația este satisfăcută vor autoporni. Celelalte își vor încetini turația în continuare pînă cînd vor fi deconectate de protecție.

Asigurarea autopornirii mai poate fi rezolvată și prin una din următoarele căi :

— reducerea numărului de motoare care urmează să autopornească (se vor elimina din schema de autopornire motoarele care acționează mecanisme de importanță secundară și pe cît posibil motoarele mecanismelor cu condiții grele de pornire) ;

— reducerea impedanței transformatoarelor sau reactoarelor de alimentare prin prevederea unor unități mai mari ;

— reducerea timpului de revenire a tensiunii (dacă ansamblul schemei de protecție permite) ;

— înlocuirea motoarelor care nu autoporn esc cu altele de caracteristici mai potrivite sau de puteri mai mari.

În cazul cînd, de pe o secție de bare, se alimentează motoare identice și care antrenează mecanisme de același fel, problema se pune să se determine numărul de motoare care pot să autopornească. Acesta se obține scoțînd din formula (1 a) tensiunea minimă pentru ca motoarele să autopornească $\left(\frac{U_{Ba}}{U_n}\right)$ care apoi se va introduce în formula (8). Comparînd mai departe reactanța echivalentă cu reactanța unui

Tabela 1

Nr. crt.	Mecanismul			Motorul															Obs. (Dacă autoporneşte)
	Felul	Puterea, kW	GD^2 kgm²	Puterea, kW	S_n	n, rot/min	I_n, A	i_p	m_p	m_k	GD^2, kgm²	T_a, (s)	$\frac{t}{T_a}$	S_a	S_k	I_a, A	m_a	m_r	$\left(\frac{U_{Ba}}{U_n}\right)^2 m_a$	$1{,}1\,\frac{P_{mec}}{P_{mot}}\,m_r$	
1	Ventilator	130	169	160	0,019	1500	296	6	1,05	2	13,5	6,7	0,30	0,25	0,071	1630	1,64	0,64	0,89	0,57	da
2	Moară	100	165	125	0,010	750	234	4,2	1,50	2,3	65	2,8	0,72	0,80	0,044	980	1,54	1	0,83	0,88	nu
3	Pompă	85	230	100	0,010	750	190	5,5	1,55	2,5	60	4,5	0,45	0,40	0,048	1030	1,95	0,44	1,06	0,41	da
4	Ventilator	55	105	75	0,018	1500	138	6,5	1,2	2,2	16	10	0,20	0,20	0,075	830	1,92	0,69	1,04	0,56	da
5	Ventilator	50	190	55	0,020	750	110	6,5	1,2	1,8	75	7,5	0,27	0,24	0,086	670	1,58	0,63	0,85	0,63	da
2a	Moară	—	—	160	0,017	750	303	5,5	1,8	2,5	75	2,9	0,69	0,76	0,082	1640	1,86	1	1,01	0,69	da

motor, rezultă numărul maxim de motoare identice care pot autoporni:

$$N = \frac{U_n\left(1 - \frac{U_{Ba}}{U_n}\right)}{\sqrt{3}\,\frac{U_{Ba}}{U_n}\,I_a\,x_r}. \qquad (11)$$

Exemplu de calcul

Într-o centrală electrică, o secție de bare de servicii proprii de 0,4 kV este alimentată prin două transformatoare (unul în funcțiune, iar celălalt în rezervă cu AAR) cu următoarele caracteristici: puterea, 630 kVA, tensiunea de scurtcircuit 6%. Transformatoarele se alimentează pe 6 kV de la sistemul de bare de putere infinită al centralei. Caracteristicile motoarelor alimentate de pe această secție de bare și ale mecanismelor antrenate sînt date în tabela 1. Se cere să se verifice autopornirea acestor motoare la revenirea tensiunii după $t = 2$ s.

În continuare se face calculul numeric numai pentru primul agregat, pentru celelalte trecîndu-se rezultatele direct în tabelă.

Se determină T_a conform formulei (3):

$$T_{a1} = \frac{(13{,}5 + 169)\,1\,500^2}{364 \times 160 \times 10^3} = \frac{172{,}5 \times 225 \times 10^4}{58\,200 \times 10^3} = 6{,}7 \text{ s}.$$

Se determină S_a funcție de t/T_a din diagrama din figura 2.

Pentru $t/T_{a1} = \frac{2}{6{,}7} = 0{,}30$ rezultă $S_a = 0{,}25$.

Se determină alunecările critice cu formula (5):

$$S_{k1} = 0{,}019\ (2 + \sqrt{4 - 1}) = 0{,}071.$$

Se calculează curenții de autopornire cu formula (4 a):

$$I_{a1} = \frac{6 \times 296}{\sqrt{1 + \left(\frac{0{,}071}{0{,}25}\right)^2}} = 1\,630 \text{ A}.$$

Se calculează impedanța echivalentă a motoarelor după formula (7):

$$x_e = \frac{380}{1{,}73 \times 5140} = 0{,}043\ \Omega.$$

Reactanța rețelei de la barele de putere infinită pînă la barele pe care sînt racordate motoarele este în acet caz egală cu reactanța transformatorului care se va calcula cu formula:

$$x_r = \frac{10\,U^2\,\varepsilon\,(\%)}{P} = \frac{10 \times 0{,}4^2 \times 6}{630} = 0{,}0153\ \Omega.$$

Din relația (8) rezultă tensiunea pe barele B la autopornirea motoarelor, raportată la tensiunea nominală:

$$\frac{U_{Ba}}{U_n} = \frac{0{,}043}{0{,}043 + 0{,}0153} = 0{,}735.$$

Multiplii cuplurilor de autopornire ale motoarelor față de cuplurile lor nominale m_a se pot lua pentru fiecare motor de pe curbele $m = f(s)$ date în figura 4.

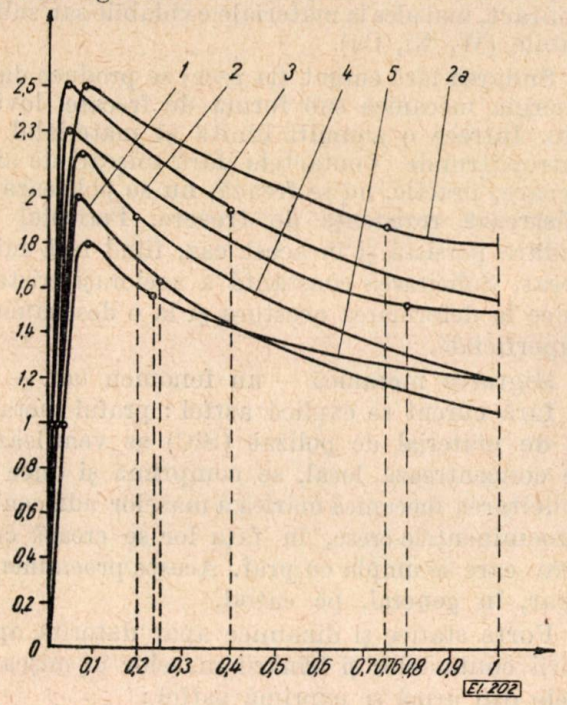


Fig. 4. Diagramele $m = f(s)$ pentru motoarele din exemplul de calcul.

Pentru motorul 1 : $m_{a1} = 1{,}64$.

Multiplii cuplurilor rezistente ale mecanismelor se determină conform celor stabilite anterior.

Pentru agregatul 1 (ventilator) se va folosi formula (10 a) : $m_{r1} = 0{,}15 + 0{,}85\ (1 - 0{,}25)^2 = 0{,}64$.

Se verifică relația (1 a) :

$$\left(\frac{U_{Ba}}{U_n}\right)^2 \times m_{a1} = 0{,}735^2 \times 1{,}64 = 0{,}89,$$

$$1{,}1\ \frac{P_{mec\,1}}{P_{mot\,1}} \times m_{r1} = 1{,}1 \times \frac{130}{160} \times 0{,}64 = 0{,}57.$$

Deci agregatul *1* autoporneşte. Analizînd rezultatele din tabela 1 se observă că motorul 2, care antrenează o moară, nu autoporneşte. Dacă procesul tehnologic necesită autopornirea lui, cel mai simplu procedeu constă în înlocuirea motorului de 125 kW cu unul de 160 kW (motorul 2 a). Refăcînd aceleaşi calcule, rezultă că motorul 2 a autoporneşte.

Bibliografie

[1] *Penescu, C.* Automatica şi telemecanica sistemelor energetice, vol. 2. Bucureşti, Editura Academiei P.R.R., 1960.

[2] *Siromiatnicov, I. A.* Regimurile de funcţionare ale motoarelor asincrone. Bucureşti, Editura tehnică, 1952.

[3] *Karpov, F. F.* Cum se verifică posibilitatea conectării la reţea a motoarelor electrice în scurtcircuit. Bucureşti, Editura tehnică, 1961.

[4] *Butchevici, I. V.* ş.a. Partea electrică a centralelor şi staţiilor electrice, ediţia III, Bucureşti, Editura energetică de stat, 1953.

Intrat în redacţie la 17.II.1965

Încercări la uzură ale contactelor de contactoare

Aurel Avramescu şi Ion Barbu* – Bucureşti

CZ 621.3.066.6.004.6 : 621.3.015.5

Contactele sînt şi rămîn încă puncte slabe ale instalaţiilor electrice [1]. Fenomenele implicate nu sînt simple nici măcar la contactele staţionare şi devin complexe în cele de întrerupere din cauza intervenţiei efectelor arcului electric [2]. În toate ţările, cercetările teoretice şi experimentale se fac continuu pentru elucidarea comportării contactelor la uzură mecanică, electrică şi chimică [3], deoarece construcţia mecanică a aparatelor de conectare s-a perfecţionat astfel încît ele suportă multe milioane de conectări fără a necesita înlocuiri de piese, afară de contacte. Durata de viaţă a contactelor celor mai bune nu întrece astăzi circa 50 % din durata de viaţă mecanică a contactoarelor de bună calitate. Cum stabilitatea la uzură a contactelor depinde de construcţia şi de condiţiile de funcţionare a contactoarelor, consideraţiile teoretice nu pot da indicaţii suficient de ample asupra comportării la durata de viaţă şi este nevoie să se întreprindă încercări experimentale în condiţii concrete, bine studiate, spre a se ajunge la rezultate oarecum reproductibile. De fapt, încercarea trebuie să se facă direct pe aparatele în care se montează contactele, şi anume pe un număr mai mare de aparate, spre a elimina prin mediere particularităţile unora dintre ele.

Pentru a stabili durata de viaţă a contactelor întrebuinţate pînă în prezent de către industria constructoare de aparate de conectare şi a alege, după indicaţiile din literatura de specialitate

* Acad. dr. ing. *A. Avramescu* este director general al Centrului de documentare ştiinţifică al Academiei R.P.R., iar ing. *I. Barbu* este cercetător principal la I.C.P.E.

recentă, cele mai potrivite materiale, tratamente, tehnologii ale unor contacte aliate de mare stabilitate [4], la I.C.P.E. s-au întreprins încercări de durată despre care se dau amănunte mai jos.

Încercările au reușit să reproducă în mare parte și să confirme rezultatele obținute de alți autori. În același timp analiza rezultatelor experimentale a permis să tragem concluzii suplimentare pe care nu le-am găsit în literatura de specialitate.

Încercările s-au făcut în regimul AC 1 după recomandările CEI. Ar fi de dorit ca în viitor ele să fie extinse și la alte regimuri, în special la regimul AC 3.

1. Cauzele uzurii contactelor de întrerupere

În cursul funcționării, contactele de întrerupere se uzează, durata lor de viață scade.

1.1. Natura și consecințele uzurii contactelor. Parametrul care exprimă uzura contactelor este cantitatea de material pierdut de o piesă de contact în cursul funcționării, în funcție de numărul de manevrări, mai exact cicluri de manevrări. Un ciclu se consideră o manevră de închidere și una de deschidere.

Durata de viață depinde, în primul rînd, de uzura specifică, deci în mare măsură de material [5]. Se disting : durata de viață a unui aparat de conectare, care se stabilește pe baza numărului de cicluri fără curent și depinde, în principal, de rezistența mecanică a construcției (ea se exprimă în număr de cicluri n) ; durata de viață a pieselor de contact care depinde, în principal, de valoarea curentului [6].

Uzura contactelor de întrerupere poate fi mecanică, chimică sau electrică. Importantă și dăunătoare este cea din urmă, care trebuie limitată [7]. Uzura globală se datorește frecării mecanice, migrării de materiale (eroziune), topirii, perlării și evaporării materialului de către arcul electric și influențelor chimice (oxidare, coroziune). În curent continuu, uzura electrică este inegală pe cei doi electrozi (catod și anod), ea fiind egală și mai mică în curent alternativ [8]. Uzura la arc se datorește bombardării ionice și topirii părților superficiale ale pieselor de contact.

Dependența uzurii de compoziția metalului este complexă. Metalele nenobile (W, Cu) se oxidează ușor sub influența atmosferei, mai ales la încălzire (coroziune termică).

1.2. Natura uzurii mecanice [9]. Contactele normale de curenți tari au mișcări de alunecare și de rostogolire, ceea ce produce deformări plastice superficiale. La început suprafața de atingere crește, apăsarea scade, și contactele se polizează. La metalele oxidabile și corodabile crește concomitent rezistența de trecere. O așchiere se produce la contacte pilite din materiale cu cristale mici. Frecarea moderată este favorabilă ; una violentă scade stabilitatea la tensiune (prin depunerea de praf metalic pe suprafața izolanților) și crește rezistența de contact, mai ales la materiale oxidabile sau sulfatabile (W, Ni, Cu).

Sudarea fără curent (la rece) se produce dacă energia mecanică sub formă de frecare, lovire etc. întrece o anumită limită și materialul se întrepătrunde. Contactele fără mișcări de alunecare, practic, nu se freacă, nu se polizează și păstrează rezistența de trecere. Pericolul de sudare persistă și în acest caz, fiind însă micșorat. Solicitarea constantă a acelorași cristale duce la deformarea acestora și la o descuamare superficială.

Migrarea mecanică — un fenomen nou — cu și fără curent se explică astfel : praful metalic și de material de polizat (SiC) se ventilează, se concentrează local, se comprimă și duce la solicitarea mecanică mărită a maselor adiacente. Proeminențele cresc, în fața lor se crează cratere care se umplu cu praf. Aceste proeminențe apar, în general, pe catod.

Forțe statice și dinamice apar datorită apăsării contactelor și frînării maselor în mișcare. Cele din urmă se exprimă astfel :

$$\int_0^s F_d \cdot \mathrm{d}s = \frac{1}{2} m_1 v^2, \qquad (1)$$

$$F_{dm} = 2 \int_0^s F \frac{\mathrm{d}s}{s} \simeq \frac{m_1 v^2}{s}, \qquad (2)$$

unde : s este cursa ; F_d — forța dinamică datorită accelerării maselor și v — viteza lor.

Cursa este funcție de tensiune, de caracteristicile resorturilor (cu constantele de elasticitate) și de drumul de frînare. Cursa s crește invers proporțional cu acele constante și cu masa contactelor fixe care depind de construcție și de resort.

La alegerea materialului se fac obligatoriu compromisuri, de exemplu, se echilibrează rezistența mecanică cu stabilitatea electrică.

Duritatea contactelor crește în urma mișcărilor de frecare. Unele materiale cu duritate mică se autoung, rezistența de trecere crescînd.

Pentru contacte fără alunecare se prevăd materiale cu o duritate medie și o plasticitate bună, dar fără recristalizări (recoacere). Tendința de sudare la rece persistă în aceste cazuri.

Prelucrarea prin pilire sau așchiere este favorabilă, deoarece proeminențele mai masive rezistă la uzură și suprafața microscopică se reglează prin deformare plastică. Păsuirea contactelor mărește suprafețele microscopice de atingere și, scăzînd presiunea în acestea, uzura

scade. La umectarea sau la ungerea suprafețelor prelucrate, lichidul umple golurile dintre suprafețele microscopice de atingere și scade presiunea în aceste suprafețe, deci uzura superficială.

Stabilitatea la uzura mecanică este deosebit de mare la metalele din grupa Pt, urmînd cele sinterizate din W, apoi Ni, Cu și Ag împreună cu aliajele lor.

1.3. Uzura electrică [11]. Cauzele fizice ale uzurii electrice a contactelor de întrerupere sînt: încălzirea, topirea și, eventual, lipirea sau sudarea suprafețelor în contact staționar, datorită efectului termic al curentului; pierderea de material la deschiderea contactelor, înainte de aprinderea unui arc propriu-zis (eroziune); pierderea de material datorită efectelor arcului; coroziunea chimică.

La curenți mari în suprafețele microscopice de contact se atinge și se întrece temperatura de topire. După ultimele cercetări, la contacte sferice zona de temperatură maximă este foarte aproape (0,9 r_0) de bordura cercului de contact metalic [12].

Încălzirea admisibilă este limitată de înmuierea și recristalizarea materialului (tabela 1). Deosebit de stabil la recristalizare este

Tabela 1

Limita de înmuiere și recristalizare

Metalul	E, 10^3 kg/mm²	H, kg/mm²	θ_n °C,	Înmuiere, U_m, V	θ_t, °C	Topire, U_t, V
Al	7	15—80	150	0,10	658	0,30
Cr	—	130	—	—	1 800	—
Ni	20	70—220	520	0,22	1 455	0,65
Fe pur	20	60	500	0,21	1 530	0,60
Cu	11	35—50	190	0,12	1 083	0,43
Mo	30	120—250	900	(0,30)	2 800	0,90
Ag	7	26—60	150	0,09	960	0,35
Sb	5	4,5—6	100	0,07	232	0,13
W	38	125—370	1 000	0,40	3 400	1,00
Pt	13	50—80	540	0,25	1 775	0,70
Au	8	13—75	100	0,08	1 063	0,45
Pt + 0,88 Ni	—	160	—	—	1 700	0,70
Pt + 0,2 Ir	—	200	—	—	1 850	—

aliajul Ag—Ni 99,5/0,5. Argintul pur (Ag 1 000) este necorespunzător, devenind plastic la temperaturi peste 150°C.

Ungerea naturală a contactelor este împiedicată la temperaturi mari, deoarece umiditatea și uleiurile se evaporă.

Extragerea căldurii din contact se poate activa prin măsuri constructive, ajutînd degajarea de căldură prin conductibilitate termică. Debitul surselor de căldură, care se găsesc în corpul metalic al contactelor, se poate calcula cunoscînd repartizarea densității de curent. În piese masive trebuie să se dea o atenție deosebită deformării cîmpului datorită efectului pelicular. Părți de fier adiacente pot contribui la încălzire prin pierderi magnetice și prin curenți turbionari.

Se disting o rezistență de dispersiune (stricțiune) și una de trecere (dată de impurități). În contacte punctiforme, rezistența de dispersiune în funcție de forța F de presare și duritatea H este:

$$R_d = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \rho \sqrt{\frac{H}{F}}, \ \Omega, \qquad (3)$$

unitățile de măsură fiind pentru ρ, Ω cm; F, kg; H, kg/cm².

Experiențe practice au confirmat această relație pentru metale cu suprafețe purificate (bare și plăci din Cu și Ag). În diferitele aplicații se impune alegerea materialului pe bază de experiență.

Rezistența de trecere depinde de parametrii păturilor străine, de tensiunea de coerare etc. Metalele nenobile și argintul aliat mult se acoperă cu pături străine avînd o rezistență de trecere mare.

Limita de sudare, datorită încălzirii electrice, scade cu presiunea și este deosebit de scăzută la vibrații:

$$U_s = I_s R_d = I_s \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \rho \sqrt{\frac{H}{F}}, \qquad (4)$$

de unde rezultă curentul limită de sudură:

$$I_s = \frac{2U_s}{\sqrt{\pi} \cdot \rho \sqrt{\frac{H}{F}}}. \qquad (5)$$

Cedarea de căldură din contact trebuie activată prin toate mijloacele. Dificultăți apar la durate scurte de anclanșare și la vibrații. Masa contactelor trebuie menținută mare. Trecerea debitului de căldură prin resorturi este defavorabilă funcționării acestora. Din criteriile de încălzire rezultă următoarele principii constructive pentru întreruptoare de joasă tensiune: sistemul mobil să fie insensibil la încălzire; materialul cu conductivitate termică și electrică mare; forțe de apăsare mari în contacte; răcirea în principal prin conductibilitate; dispunerea de suprafețe mari de răcire în apropierea contactelor; densitatea de curent mică în conexiuni (bare groase, apropierea contactelor).

Lipirea contactelor are loc cu precădere dacă la curenți mari (suprasarcini sau scurtcircuite) apăsarea pe contacte scade sub anumite valori. Este de înțeles că pericolul de lipire este deosebit de mare, dacă la anclanșare contactele vibrează [13]. În consecință, se fac contacte cu o formă corespunzătoare [14].

Eroziunea nu se poate evita mai ales la curenți mari. De aceea uzura prin eroziune reprezintă uzura minimă a contactelor de întrerupere.

Fenomenele de bază ale eroziunii, arcul scurt (fără plasmă) şi migrarea materialului prin punţi topite, nu sînt încă perfect elucidate. Înainte de deschiderea contactelor, forţa de apăsare scade la zero şi încălzirea creşte o dată cu creşterea inerentă a rezistenţei de contact. Curentul se concentrează pe o suprafaţă mică şi produce, prin creşterea densităţii lui, topirea materialului şi formarea unei punţi care se întinde şi se rupe aproape de anod. Deci, la curent continuu, catodul cîştigă material. Poate să apară un arc „fără plasmă" scurt, care nu se poate autoioniza, lipsindu-i coloana, şi emite electroni doar prin termoefecte. Accelerați în cîmpul electric, electronii lovesc anodul şi evaporă material din el, care se depune în părţi egale pe electrozi. Deci catodul cîştigă iarăşi material. La o creştere a cursei, arcul devine normal şi catodul se încălzeşte mai tare din cauza frînări ionilor pozitivi, se evaporă tare şi începe a pierde mai mult material (invers ca înainte).

La desfacerea contactelor, punţile din material topit se subţiază şi sub influenţa forţelor electrodinamice „explodează". La contacte rotunde pentru curenţi mari (peste 10 kA) lungimea punţilor topite este de ordinul de mărime a pieselor de contact. Din materialul topit şi evaporat numai o parte mică se poate precipita din nou pe piesele de contact, restul se aruncă în afară, rezultînd o pierdere de material măsurabilă pentru fiecare deschidere.

Cum contactele pentru curenţi mari se deschid cu viteze mari, condiţiile în care un arc scurt se poate menţine sînt îndeplinite într-un timp atît de scurt încît influenţa acestui fenomen devine neglijabilă. În schimb, chiar în circuite de joasă tensiune, supratensiunile inductive sînt suficiente pentru a aprinde un arc în atmosferă de vapori metalici formaţi între contacte.

Pierderile de material datorite efectului arcului sînt puţin elucidate [15]. Dificultăţile întîmpinate rezultă în separarea grea a efectului arcului de celelalte efecte care produc uzură [16]. În această privinţă se impune efectuarea de experienţe în condiţii concrete particulare.

Uzura la arc se poate reduce prin mişcarea forţată şi rapidă a piciorului arcului pe suprafaţa pieselor de contact. Această mişcare se realizează, de obicei, cu ajutorul forţelor electrodinamice (suflaj magnetic). Drumul pe care îl ia piciorul arcului este în multe cazuri acelaşi şi pe suprafaţa contactului se produc nervuri cu o uzură mai pronunţată.

1.4. Uzura chimică. Aproape toate metalele formează compuşi chimici în atmosferă obişnuită, cu atît mai mult într-o atmosferă corosivă specifică. Oxidarea superficială a contactelor măreşte uzura mecanică şi electrică din cauza scăderii durităţii [17], [18].

1.5. Influenţa frecvenţei de manevrări. Frecenţa mare de manevrări şi anclanşări rapide cere mase mobile mici [19]. Frecvenţa este însă limitată de răcirea contactelor. Densitatea se alege astfel ca în contact să nu se atingă temperatura de topire, deci tensiunea de contact se alege inferioară tensiunii de topire. Pentru a avea o marjă în vederea unor suprasarcini, tensiunea pe contact se alege, practic, egală cu o zecime din tensiunea de topire, dacă prin aceasta rezistenţa de contact nu creşte prea mult. Sarcina superficială de curent se alege de 40 kA/mm^2 la Ag 1 000. Ea poate să fie mai mică pentru contacte staţionare. Curentul în contactele mobile se alege în funcţie de încălzirea acestora. Pînă la tensiuni inverse maxime de 300 V distanţa între contactele deschise poate să fie chiar de 0,3 mm. Pentru contacte robuste se alege o distanţă de aproximativ 1 mm. Avantajul unei distanţe mici între contacte constă în faptul că picături topite din suprafeţele de contact se aruncă pe suprafaţa opusă a contactului, cu condiţia ca aceasta să fie suficient de apropiată şi suficient de mare.

Din examinarea tabelei 1 rezultă, cu privire la deformarea plastică a materialului funcţie de temperatură, că metalele grupei Ag au un punct de înmuiere relativ redus, adică 150°C. În schimb, temperatura de deformare plastică la nichel este de 520°C, ceea ce explică faptul că adaosurile de nichel îmbunătăţesc considerabil duritatea materialului de contact. În fine, la grupa W materialul apare cu evidente calităţi refractare.

Din cele de mai sus rezultă că la metalele din grupa Ag (Cu), temperatura maximă în contact trebuie aleasă cel mult egală cu 1/8—1/10 din temperatura de topire. Din tensiunile de topire şi deformare plastică, împreună cu acest raport, se pot deduce căderile de tensiune admisibile în contact şi astfel se pot dimensiona contactele.

2. Cercetări experimentale

2.1. Regimuri de încercare. Solicitarea contactelor depinde de numeroşi factori de care trebuie să se ţină seamă la stabilirea regimului de încercare. Norme privind încercarea contactelor electrice, ca elemente separate, nu există, dar unele norme indică regimurile de încercare a aparatelor de comutaţie, inclusiv a contactelor acestora. Astfel, recomandările CEI [20] au stabilit patru regimuri de încercare pentru aparatele de comutaţie de curent alternativ şi trei regimuri de încercare pentru aparatele de curent continuu; normele VDE [21], două regimuri pentru aparatele de curent alternativ etc. Normele naţionale pentru aparate de conectare [22], [23] conţin unele dispoziţii privind contactele.

Literatura de specialitate privitoare la contactele aparatelor de conectare este vastă [24]. Unii autori [25], [26] indică regimurile la care

au fost încercate materiale speciale de contact, cum şi comportarea acestora [27]. În aceste lucrări nu se arată toţi parametrii regimului de încercare sau în unele cazuri aceştia nu sînt în concordanţă cu prevederile normelor. Astfel, în lucrarea [25] frecvenţa de conectare de 3 800 conectări pe oră aleasă nu corespunde normelor, iar durata relativă de conectare nu este indicată; în lucrarea [27] durata relativă de anclanşare de 4% aleasă nu corespunde normelor fiind foarte mică, contactul fiind astfel subsolicitat; în lucrarea [26] frecvenţa de conectare de 7 200 conectări pe oră este mult prea mare faţă de cea din exploatare.

Încercările efectuate de noi pe o gamă mare de materiale au avut drept scop determinarea celui mai bun material din această gamă, în funcţie de tehnologie, construcţie şi de elementul sau aliajul folosit. Scopul încercărilor a fost de a compara materialele de contact între ele şi astfel s-a ales regimul cel mai cuprinzător, anume regimul AC 1 din recomandările CEI [20]. Acest regim prevede încercarea aparatelor de comutaţie, la conectare şi deconectare, cu aceeaşi tensiune şi curent. Frecvenţa de conectare a fost aleasă conform normei [23] de 1 200 şi 600 conectări pe oră, iar durata relativă de conectare de 40 şi 60 %. Acest regim solicită contactele corespunzător regimului din exploatare şi deci încercarea este concludentă şi poate fi luată în considerare la alegerea materialelor pentru contactele aparatelor de comutaţie. Tot din acest motiv nu s-au construit aparate speciale, care să fie echipate cu contactele de încercat, acestea fiind ataşate la aparatele de conectare din producţia curentă şi, în speţă, la contactoare.

2.2. Contactele încercate. Materialele din care s-au confecţionat contactele supuse încercărilor au fost astfel alese încît acestea să corespundă solicitărilor din instalaţiile de curent alternativ de curenţi tari. S-au încercat contacte din cupru, argint şi aliaje de argint: Ag; AgCu 97/3; AgCu 95/5; AgZn 95/5; AgZn 85/15; AgZn 75/25; AgCd 94/6; AgCd 92/8; AgCd 88/12; AgCd 85/15.

Contactele au avut forma corespunzătoare contactoarelor cu întrerupere simplă pe fază şi mişcare de rotaţie.

Duritatea măsurată de noi a acestor contacte este dată în tabela 2. După cum se observă, cea mai mare duritate s-a obţinut la contactele din aliajul AgZn, ajungînd pentru procentul de 25% Zn, la 121 kgf/mm²; duritatea contactelor din aliajele AgCu şi AgCd este de acelaşi ordin de mărime, circa 80 kgf/mm². În figurile 1 şi 2 se arată variaţia durităţii contactelor din aliajele AgZn şi AgCd în funcţie de procentul de Zn, respectiv Cd. Duritatea aliajului de AgZn creşte cu procentul de Zn atît pentru contactele laminate, cît şi pentru cele

Tabela 2

Duritatea Brinell a diferitelor materiale de contact

Material	Duritatea Brinell (kgf/mm²)			
	după turnare	după laminarea prealabilă	după lipire şi laminare	după lipire fără laminare
AgCu 97/3	41	80	75	—
AgCu 95/5	45	84	68	—
AgZn 95/5	34	103	74	—
AgZn 85/15	36	111	89	—
AgZn 75/25	38	121	94	—
AgCd 94/6	27	81	75	—
AgCd 92/8	29	99	85	—
AgCd 88/12	31	91	80	—
AgCd 85/15	40	72	76	—
AgCd 94/6 oxid la suprafaţă	27	81	—	35
AgCd 92/8 oxid la suprafaţă	29	99	—	38
AgCd 88/12 oxid la suprafaţă	31	91	—	42
AgCd 85/15 oxid la suprafaţă	40	72	—	44
Ag 99,9%	—	78	61	44
Alamă argintată	—	90	90	—

nelaminate, iar la aliajul de AgCd are un maxim pentru procentul de 8% Cd.

2.3. Aparate şi scheme folosite. Schema de încercare şi aparatura folosită sînt descrise în lucrarea [28]. Se foloseşte principiul conectării în serie a contactelor, în scopul economiei de energie consumată inutil în rezistenţele de limitare a curentului şi în scopul reducerii numărului de instalaţii. Astfel au fost conec-

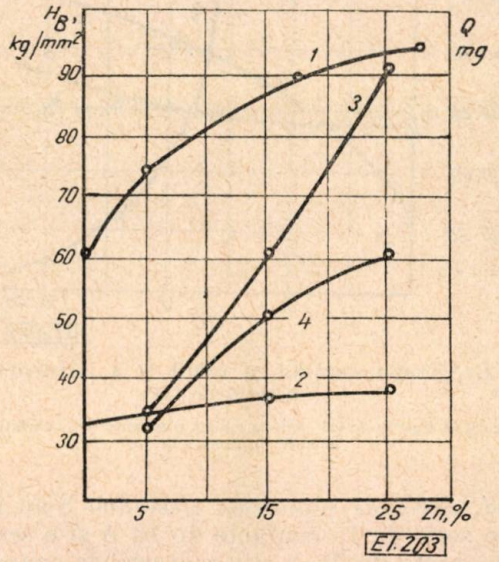


Fig. 1. Variaţia durităţii şi a uzurii cu procentul de Zn (după 3.10^5 conectări):

1 – duritatea după lipire şi laminare; *2* – duritatea după turnare; *3* – uzura contactelor la curentul nominal de 25 A, după 3.10^5 conectări; *4* – uzura contactelor la curentul nominal de 10 A, după 3.10^5 conectări.

tate în serie cîte opt contactoare, realizîndu-se o economie la ciclul de încercări efectuate de peste 500 000 lei. În lucrarea [28] s-a demonstrat atît analitic, cît şi experimental, echiva-

lența încercărilor în serie cu încercările individuale. Aparatele folosite pentru încercarea contactelor au fost contactoarele din producția curentă de 60 și 100 A.

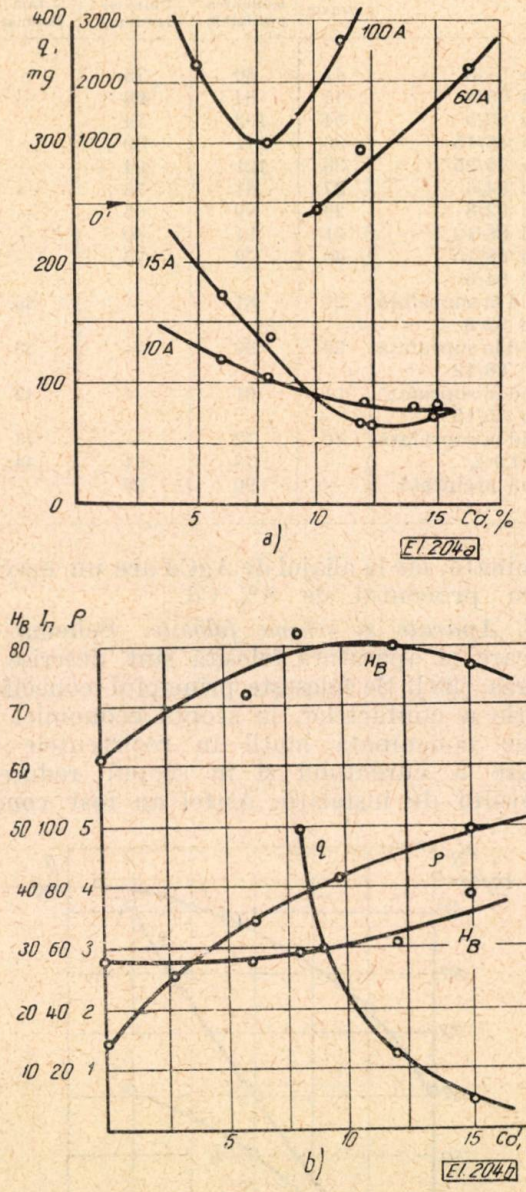


Fig. 2. Variația durității, a uzurii și a rezistivității cu procentul de Cd :

a – uzura în funcție de Cd pentru curent constant ; *b* – variația parametrilor în funcție de Cd.

2.4. Seria de experiențe efectuate. S-au încercat o serie de 15 contacte de 10 A și o serie de 15 contacte de 25 A, din materialele enumerate mai sus, prin conectarea în serie a cîte cinci contactoare tripolare de 10 și 25 A, după schema din lucrarea [28], și cîte o serie de 24 contacte de 60 și 100 A, prin conectarea în serie a cîte opt contactoare de 60 și, respectiv, 100 A.

Regimul de încercare a fost la contactele de 10 și 25 A asemănător : conectarea și deconectarea la tensiunea nominală și curentul nominal, frecvența de conectare de 1 200 conectări pe oră, durata relativă de conectare de 40 % și cos $\varphi = 1$. La încercarea contactelor de 60 și 100 A, regimul de încercare a fost diferit numai din punctul de vedere al frecvenței de conectare și al duratei relative de conectare, 600 conectări pe oră și 60 %. Aceste valori au fost alese în conformitate cu indicațiile standardului în vigoare în perioada încercărilor.

2.5. Rezultatele experimentale. Rezistența la uzura electrică a contactelor s-a determinat în particular prin măsurarea pierderii de greutate a contactelor încercate și prin variația căderii de tensiune. Aceste mărimi au fost măsurate din 10^5 în 10^5 conectări. Determinările de

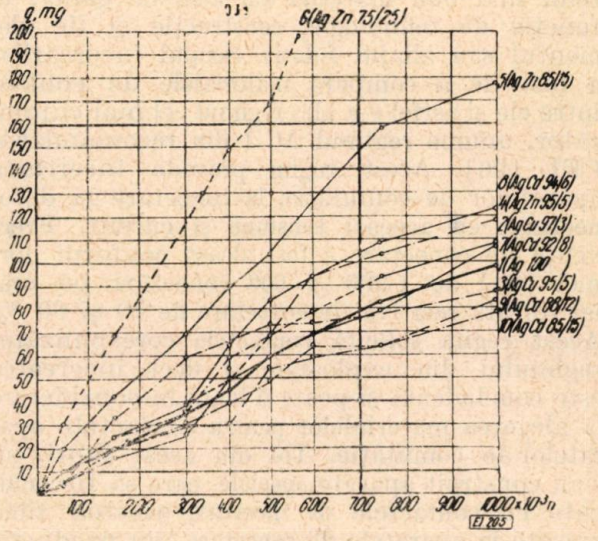


Fig. 3. Uzura contactelor în funcție de numărul de conectări, 220 V, 10 A, $f = 1{,}3$ kgf, cos $\varphi = 1$, $n = 1\,200$ conectări pe oră, $D_A = 40\,\%$.

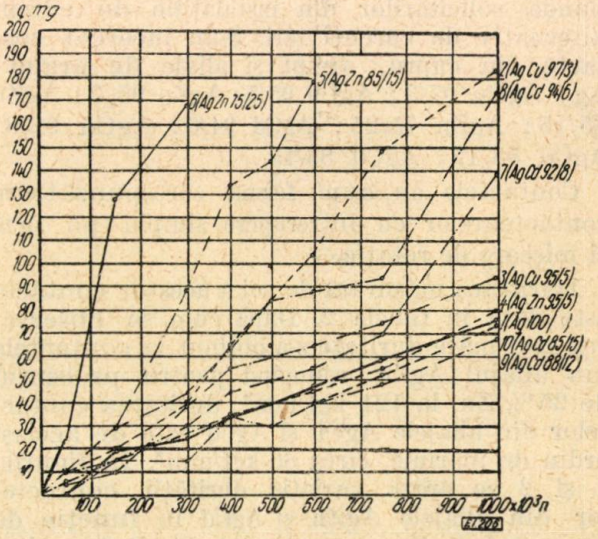


Fig. 4. Uzura contactelor în funcție de numărul de conectări, 220 V, 25 A, $f = 1$ kgf, cos $\varphi = 1$, $n = 1\,200$ conectări pe oră, $D_A = 40\,\%$.

rezistență la uzură s-au făcut pe mai multe contacte din același tip și același material (cel puțin două contacte), înscriindu-se ca rezultat

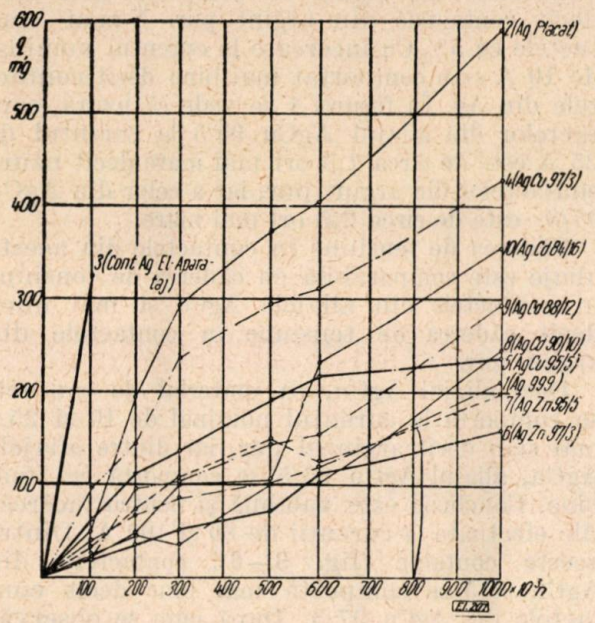


Fig. 5. Uzura contactelor în funcție de numărul de conectări, 220 V, 60 A, $n = 600$ conectări pe oră, $D_A = 60\%$, $\cos\varphi = 1$.

din figurile 3—6 se prezintă uzura contactelor, în mg, în funcție de numărul de conectări. În tabela 3 se dă căderea de tensiune pe contacte

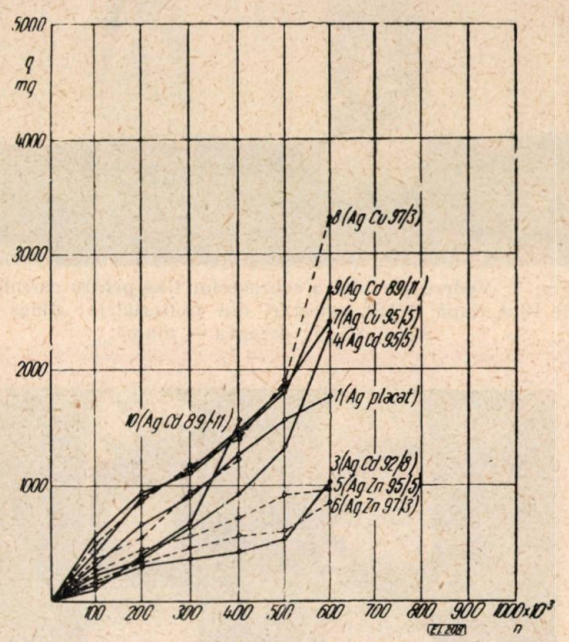


Fig. 6. Uzura contactelor în funcție de numărul de conectări, 220 V, 100 A, $n = 600$ conectări pe oră, $\cos\varphi = 1$, $D_A = 60\%$.

media aritmetică a pierderii în greutate sau a căderii de tensiune. Acești parametri s-au prezentat sub formă de diagrame. În diagramele în funcție de numărul de conectări. În figurile 7 și 8 sînt prezentate aspectele contactelor după încercarea la uzura electrică.

Tabela 3

Căderea de tensiune, mV, în funcție de numărul de conectări

I_n A	Material / număr de conectări × 10^3	Căderea de tensiune pe contact, mV												
		Ag 999	Ag placat	contact Ag El. Ap.	AgCu 97/3	AgCu 95/5	AgZn 95/5	AgZn 85/15	AgZn 75/25	AgCd 92/8	AgCd 90/10	AgCd 89/11	AgCd 88/12	AgCd 84/16
60	0	46	28		28	11	19	17			13		15	
	100	34	60		29	29	18	33			17		45	
	200	21	59		21	17	16	19			19,5		13	
	300	25	51		51	17,5	21	30			25		53	
	400	20	65		47	10	11	19			20		17	
	1 000	52	64		30	16	24	23			23		28	
100	0		8,5	10,25	14	15	13	19	13	14,5		15		50
	100		15	40	23	19	13	18	19	13,5		16		16
	200		17	66	8	16	17	13	18	11		22		25
	300		12	50	12	11	18	13	19	16		30		20
	400		17	16	9	12	14	10	18	19		14		15
	500		21		16	18	12	10	31	27				24
	600		17		13	17	11	16	22	35				25
	1 000		25		18	17	11	16	50	35				18

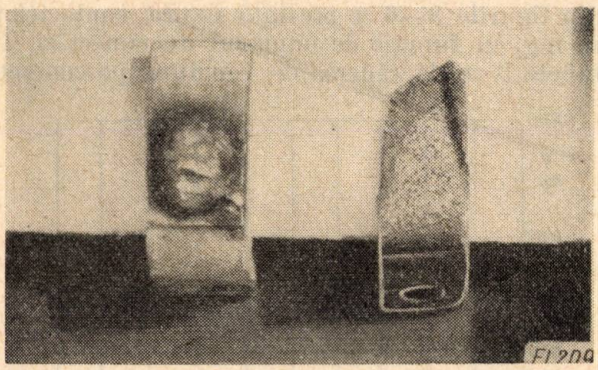


Fig. 7. Vedere din plan a contactelor fixe pentru curentul de 10 A după $3 \cdot 10^5$ conectări din materialele : stînga — AgCd 85/15 ; dreapta — alamă.

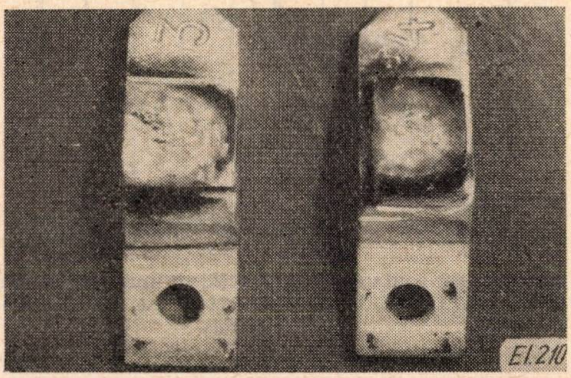


Fig. 8. Vedere din plan a contactelor încercate la curentul de 25 A după 3.10^5 conectări : stînga (3) AgCu 95/5 ; dreapta (4) — AgZn 95/5.

3. Interpretarea rezultatelor

Încercările s-au încheiat la un număr de un milion de cicluri de conectare. Comportarea contactelor şi contactoarelor a fost supravegheată îndeaproape în cursul încercărilor pentru a se putea trage cît mai multe concluzii.

3.1. Comportarea contactelor din argint pur. Din figurile 3—6 rezultă că argintul pur (99,9%) cu o duritate ridicată (H = 61,5 kgf/mm², tabela 2) datorită prelucrării, se comportă la uzură mai bine decît aliajele AgCu, AgZn, pentru procentul de 15 şi 25% Zn şi AgCd pentru procentul de 6 şi 8% Cd. Uzura contactelor din Ag creşte aproximativ proporţional cu numărul de conectări, curba de creştere fiind aproape dreaptă. Ecuaţia corespunzătoare este $q = k\,n$, unde $k = (1 - 2)\ 10^{-4}$ mg/număr conectări (pînă la 60 A).

Căderea de tensiune la contactele din argint pur dată în tabela 3 este de circa 3 ori mai mare decît căderea de tensiune la contactele din aliajele AgCu şi AgCd, ceea ce denotă formarea unor pături străine sulfuroase, cu o rezistivitate relativ ridicată.

Din încercările efectuate rezultă că argintul pur cu duritate ridicată se comportă mai bine la uzura electrică de durată decît multe alte materiale de contact, şi, în orice caz, mult mai bine decît alama (fig. 7).

3.2. Comportarea contactelor din aliajul AgCu. Contactele din AgCu se comportă mai slab decît contactele din argint pur. Numai contactele cu 5% Cu încercate la curentul nominal de 10 A s-au comportat mai bine decît contactele din Ag. În figura 4 se vede că uzura contactelor din aliajul AgCu 95/5 la curentul de 25 A este de circa 1,5 ori mai mare decît uzura contactelor din argint pur, iar a celor din AgCu 97/3 este de circa 2,5 ori mai mare.

Căderea de tensiune în contactele din aceste aliaje este comparabilă cu căderea de tensiune în contactele din aliajele AgCd şi mai mică decît căderea de tensiune în contactele din argint pur.

Deci, aliajul AgCu, ca material de contact, se comportă la curentul nominal de 10 şi 25A mai slab decît argintul pur, iar dintre aliajele AgCu, aliajul AgCu 95/5 se comportă cel mai bine. Concluzia este valabilă şi pentru încercările efectuate la curenţii de 60 şi 100 A. Dintre aceste contacte (fig. 3—6), contactele din AgCu 95/5 se comportă mai bine decît contactele din AgCu 97/3. După cum se observă, uzura variază proporţional cu numărul de conectări, curba de variaţie fiind formată din segmente de dreaptă cu un grad mai mare de neuniformitate decît la curbele uzurii obţinute la argint.

3.3. Comportarea contactelor din AgZn. La contactele din aliajul AgZn se constată, în concordanţă cu datele din literatură, că uzura şi duritatea cresc cu procentul de Zn (fig. 3—6). O constatare care se impune încă de la început este aceea că uzura contactelor din AgZn 85/15 şi 75/25, la 20 şi 25 A, este cu mult mai mare decît uzura celorlalte materiale încercate. Din acest motiv contactele din aceste materiale nu au mai fost încercate şi la curenţii de 60 şi 100 A. În schimb s-au reţinut contactele din AgZn 95/5, executîndu-se şi contacte din AgZn 97/3.

După cum se observă din tabela 4, uzura contactelor din AgZn 97/3 şi 95/5 la curenţii nominali de 60 şi 100 A este mai mică decît a argintului, iar la curenţii de 10 şi 25 A uzura contactelor din AgZn 95/5, 85/15, 75/25 este mai mare decît a acestuia. Comparaţia s-a făcut după un milion de conectări. Se observă în figuri că uzura contactelor, în funcţie de numărul de conectări, este dată de o curbă în zig-zag. Acest lucru explică de ce pe anumite porţiuni ale curbei uzura are aspecte diferite. Astfel uzura contactelor din AgZn 95/5 la curentul de 10 A este pînă la 0,3 milioane conectări aproximativ aceeaşi cu a contactelor din argint pur, iar după 0,3 milioane conectări' cu circa 30% mai mare. Comportări cu totul opuse se constată la aceleaşi contacte încercate la curentul de 25 A ; pînă la 0,3 milioane conectări acestea

Tabela 4

Uzura diverselor materiale de contact în raport cu contactele din Ag după 1 milion cicluri

Material / Curent normal [A]	Uzură mai mică decît la Ag			Argint	Uzură mai mare decît la Ag			Cea mai mică uzură Aliaj de argint
	AgCd; Cd, %	AgZn; Zn, %	AgCu; Cu, %		AgCd; Cd, %	AgZn; Zn, %	AgCu Cu, %	
10	12;15		5		6,8	5;15;25	3	Cd 15%
25	12;15				6,8	5;15;25	3;5	Cd 12%
60		3;5			10;12;16		3;5	Zn 3%
100	8	3;5			5;11		3;5	Zn 3%

s-au uzat cu circa 50% mai mult decît contactele din argint, iar între 0,3 şi un milion conectări uzura lor este aproximativ aceeaşi cu a contactelor din argint pur. La contactele din AgZn 95/5, uzura acestora între 0,15 şi 0,7 milioane conectări este mai mare decît a argintului, iar în afara acestui domeniu, mai mică decît a argintului.

Căderea de tensiune creşte cu creşterea procentului de Zn. Astfel, la contactele de 10 A din AgZn 25, căderea de tensiune este de circa patru ori mai mare decît la contactele AgZn 5. Din figura 1 se observă că atît duritatea, cît şi uzura contactelor cresc cu procentul de zinc.

Dintre contactele de AgZn încercate se constată că cea mai mică uzură s-a obţinut la contactul AgZn 3, iar contactele AgZn 97/3 şi 95/5 la curenţii de 60 şi 100 A s-au uzat mai puţin decît contactele din argint pur. Trebuie remarcat că uzura contactelor din AgZn 97/3 la curenţii de 60 şi 100 A a rezultat mai mică decît a tuturor contactelor încercate.

3.4. Comportarea contactelor din AgCd. Contactele din AgCd se comportă diferit în funcţie de curentul nominal şi procentul de cadmiu. După cum se observă în figura 2, uzura are un minim care depinde de procentul de cadmiu şi de curentul de încercare. Astfel la curentul de 10 A minimul este la 15% Cd, la curentul de 25 A minimul este la 12%, la curentul de 60 A minimul la 9% şi la 100 A, la 8%. O constatare importantă poate fi făcută dacă analizăm figura 2. Observăm că rezistivitatea şi duritatea cresc cu procentul de Cd, iar minimile uzurii în funcţie de procentul de cadmiu sînt invers proporţionale cu curentul. Astfel minimul uzurii corespunde la curentul de 100 A la 8 % Cd, crescînd în funcţie de curent pînă la 15% la 10 A. Aceasta se poate explica prin creşterea mai rapidă a rezistivităţii decît a durităţii cu procentul de cadmiu. Rezistivitatea crescînd cu procentul de cadmiu (la procentul de 15% Cd, rezistivitatea a crescut de 3,3 ori faţă de argint), la curenţi mari efectul Joule în contacte influenţează mai mult decît la curenţi mici asupra contactelor. Aşa se explică deplasarea minimului la curenţi mari spre procente mici ale cadmiului, la care rezistivitatea este mai mică, ceea ce nu s-a semnalat încă în literatura de specialitate.

Duritatea are şi ea o influenţă mare asupra uzurii (fig. 1). Uzura la curentul de 10 A este de circa 2 ori mai mare la contactele cu duritate scăzută (nelaminate după turnare) faţă de contactele cu duritate ridicată.

Căderea de tensiune măsurată după un milion conectări este aproximativ aceeaşi atît la contactele corespunzătoare curentului de 10 A, cît şi la cele corespunzătoare curentului nominal de 25 A, fiind de circa două ori mai mică decît la contactele din argint pur.

Dintre contactele încercate din aliajul AgCd, uzură mai mică decît a argintului s-a constatat la titlurile AgCd 12, AgCd 15, pentru 10 şi 25 A şi AgCd 8 la 100 A. Comparaţia s-a făcut pentru un milion de conectări.

4. Observaţii generale

— După cum se constată experimental din cele două contacte, cele mobile se uzează mai mult decît cele fixe; la unele contacte mobile se obţine chiar o creştere în greutate datorită transportului de material din cauza arcului electric. Comparînd pierderile în greutate pentru contactele fixe şi mobile încercate (Ag, AgCu, AgZn, AgCd), rezultă că uzura contactelor mobile de 10 A este de circa şase ori mai mare decît a contactelor fixe, iar la curentul de 25 A, de 3,5 ori.

— Curbele uzurii, după cum se observă din figurile 3—6, au o formă mai neregulată decît curbele similare publicate în literatura de specialitate [25], în special la curenţii de 25 şi 60 A. Aceasta se explică prin faptul că uzura determinată de noi s-a făcut pe aparate de conectare din producţia curentă, spre deosebire de curbele publicate în literatură, la care uzura a fost determinată pe aparate speciale. Cinematica contactelor, în cazul aparatelor pe care s-a determinat uzura, a fost mai complicată (mişcarea de rotaţie cu întrerupere simplă pe pol şi fază) decît cinematica contactelor pe care s-a determinat uzura de către alţi autori.

— Din cele de mai sus rezultă că nu se pot da reţete simple pentru utilizarea unor materiale de contact cu o mare stabilitate la uzură,

și sînt necesare încercări de durată și de uzură în condițiile particulare date spre a putea alege soluții optime. Încercările noastre pot contribui în acest sens la alegerea celor mai corespunzătoare materiale de contact în aparatele de conectare de joasă tensiune.

Bibliografie

[1] *Avramescu, A.* Aparate de conectare. În : Manualul inginerului electrician, vol. IV. București, Editura tehnică, 1956, p. 256—322.

[2] *Llewellyn, J.* The physics of electrical contacts. Oxford, Clarendon Press, 1957.

[3] *Freudiger, I.* Electrische Kontacte. În : Bull. schweiz. electrotechn. Ver. **48**, nr. 20, 1957, p. 873—896.

[4] *Altman, A. B.* și *Malasenko, L. P.* Metallokeramiceskie materiali dlea elektriceskih kontaktor. În : Elektricestvo **76**, nr. 1, 1955, p. 42.

[5] *Burstyn, W.* Elektrische Kontakte und Schaltvorgänge 2 Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer, 1956.

[6] *Caemmerer, H. H.* Die Lebensdauer von Schaltstäcken von Niederschaltgeraten für hohe Schalthäufigkeit. În : Siemens — Z. **32**, nr. 1, 1958, p. 44—49.

[7] *Baxter, H. W.* Contactors. Contact Wear and Heating Teste on 400 V 75 A 3 Phase Nodels. Rep. brit. electr. Res. Ass. Ref. G/T 247.

[8] *Baxter, H. W.* și *Hapwood, B.* Contact Wear of 440 V 150 A 3 Phase Contactor. Rep. brit. electr. Res. Ass. Ref. G/T 263.

[9] *Ittner, W. B.* și *Ulah, H. B.* The erosion of electrical contacts by normal arc. In : Proc. Insth. electr. Engrs. B. **104**, nr. 13, 1957, p. 63—68.

[10] *Kesselring, Fr.* Elektrische Schaltgeräte Anlasser und Regler Theoretische Grundlagen zur Berechnung der schaltgeräte. Berlin, Leipzig, Sammlung Göschen de Gruyter , 1924.

[11] *Melchert, Fr.* Über das Verhalten von Kontakten bei lichtbogenfrei Schalten sehr grosser Ströme. Diss T.H. Braunschweig, 1957.

[12] *Hilgarth, G.* Über die Grenzztromstärken von ruhenden Strakstromkontakten. În : ETZ—A **78**, nr. 6, 1957, p. 211—217.

[13] *Stenzi, J.* Vibrația contactelor. În : Electrotechn, Obz. **42**, nr. 10, 1953, p. 547—550.

[14] *Stotzke, G.* Einfluss der Kontaktform auf die Schweissgrenze bei Niederspanungsgeraten. În : Deutsch. Elektrotechn. **12**, nr. 5, 1958, p. 152.

[15] *Lavrinovici, L. L.* Iskrenie v skolziașem kontakti. În : Vest. elektropromîșlennosti **28**, nr. 2, 1957, p. 3—10.

[16] *Wilson, W. R.* Life of Silver Surfaced Contacts on Repetitive Arcing Duty AIEE. În : Pow. Syst. **72**, nr. 9, 1953, p. 1236—1243.

[17] *Palme.* Der Einfluss der oxierenden Wirkung atmosphärischer Luft auf die Wirkungsweis elektrischer Kontakte. In : Schweizer Arch. angew. Wiss, Techn. **19**, nr. 6, 1953, p. 177.

[18] *Fairweather, A.* The Behavior of metalic Contacts at Low Voltages in Adverse Envirомments.

[19] *Jones, H. F.* Performance of electrical air-break contacts. In : Enginering **178**, 1954, p. 4 649.

[20] CEI. Projet de regles de la CEI pour Appareillage Électrique à Basse Tension, 2-ême partie. CEI 19 (17 B) 1958.

[21] VDE. Regeln für Schaltergerate bis 1 000 V Wechselspannung (für Steuerschalter bis 10 kV Wechselspannung) und 3 000 V Gleichspannung. VDE 0660/12 52.

[22] GOST. Contactoare de forță de curent alternativ pentru curenți nominali de la 40 pînă la 600 A. GOST 2 231—43.

[23] STAS. Aparate de comutare pînă la 1 200 V curent continuu și 3 150 A. Condiții generale. STAS 553—60.

[24] *Avramescu, A., Barbu, I.* și *Fugaru, C.* Materiale pntru contacte de întrerupere rezistente la uzură. În : Electrotehnica **8**, nr. 12, 1960, p. 426—436.

[25] *Blum, G.* Gesinterte Kontaktwerkstoffe. In : Elektrie **13**, nr. 6, 1959, p. 201—206.

[26] *Richter, R.* Kadmium — Silber und Silberkadmiumoxyd als Kontaktwerkstoffe. În : Maschinenwelt und Elektrotehnik, nr. 11—12, 1959, p. 262—263.

[27] *Kuznețov, R. S.* Pavișenie iznocontoicivocte kontaktov puskatelei. In : Elektricestvo **77**, nr. 5, 1956, p.43—45.

[28] *Barbu, I.* Dispozitive și aparate pentru încercarea la uzură a contactelor și aparatelor de comutație. În : Electrotehnica **9**, nr. 4, 1961, p. 130—136.

[29] *Feiler, G. D.* Iznosdtuvtoecivest kontaktov i kontrolerov paktoiannego toka. Elektriceskie Kontakti. Moscova, Gosenergoizdat, 1958.

Intrat în redacție la 15.II.1965

Serii speciale de siguranțe de joasă tensiune cu mare capacitate de rupere

Mihail Pesici* — București

CZ 621.316.923.2.027.2.001.4

În instalațiile industriale, ca și în rețelele electrice de distribuție, pentru protecția circuitelor se utilizează siguranțe cu mare capacitate de rupere. Prin timpul scurt de funcționare și prin efectul limitator de curent, siguranța are, față de întreruptorul automat, avantajul de a evita efectele termice și dinamice produse de scurtcircuit.

În scopul de a introduce în industria noastră electrotehnică siguranțe cu performanțe la nivelul tehnicii mondiale, Institutul de cercetări și proiectări electrotehnice a studiat și realizat, în cursul anilor 1960—1962, seriile unitare de siguranțe de joasă tensiune, rapide și lente, cu mare capacitate de rupere în gama de curenți nominali de la 63 la 630 A, 500 V, 50 Hz [1]. Avînd o largă utilizare în instalațiile electrice de forță și de distribuție, aceste siguranțe sînt destinate a completa, în mod rațional, echipamentul electric al fabricilor și, mai cu seamă, al rețelelor de distribuție a energiei electrice de joasă tensiune.

Primele întreprinderi interesate în utilizarea acestor siguranțe au fost cele regionale de distribuție a energiei electrice, însă în forma și gabaritul uzual impus de normele actuale, tipurile de siguranțe realizate de I.C.P.E. nu puteau fi utilizate în instalațiile existente, din cauza unor dimensiuni necorespunzătoare ale furcilor existente, de modele diferite, montate fie în cutii, fie pe panouri de distribuție.

* Ing. *M. Pesici* este șef de laborator la I.C.P.E.

Siguranțe cu gabarit redus

Pentru a înlătura acest impediment, la I.C.P.E. s-a realizat o construcție specială de siguranță cu gabarit redus pentru montaj în șuruburi, pe mînerele de bachelită existente, utilizate în instalațiile de distribuție. Această construcție specială, de siguranțe închise în manșon izolant, a fost realizată în două tipuri constructive :

— tipul de 160 A pentru curenții nominali de 100, 125 și 160 A ;

— tipul de 315 A pentru curenții nominali de 200, 250 și 315 A.

Modul de execuție al acestor siguranțe speciale este, principial, același ca al siguranțelor de formă uzuală : elementele fuzibile sînt constituite din benzi de argint închise într-un manșon de porțelan cu umplutură de nisip de cuarț. Spre deosebire de tipul cu cuțite, siguranțele speciale tip I.R.E.B. au plăci pentru prindere în șuruburi (fig. 1).

După cum este cunoscut, o siguranță cu mare capacitate de rupere trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

a) O menținere cît mai exactă a curentului limită este importantă pentru protecția la suprasarcini.

b) Să aibă o capacitate de rupere ridicată, necesară pentru protecția contra scurtcircuitelor.

c) O cît mai precisă menținere de funcționare pe caracteristica $t = f(i)$, ceea ce este esențial pentru obținerea selectivității față de întreruptoarele automate și siguranțele montate în circuit.

d) Un contact sigur între cuțitul sau plăcile de înșurubare și suportul siguranței.

Prototipurile de siguranțe realizate în scara de curenți nominali indicată sînt de tipul cu funcționare rapidă sau lentă în limitele de curent și timp de topire impuse de normele VDE 0660/1955 § 36 [3].

Funcționarea siguranței [4] este caracterizată de curba timp-curent, care poate fi considerată ca fiind compusă din două regiuni de funcționare : aceea a suprasarcinilor și aceea a scurtcircuitelor puternice. În partea superioară a caracteristicii timp-curent, deci la suprasarcini, funcționarea siguranței este condiționată de aliajul eutectic amplasat pe mijlocul lamelei fuzibile. Din punct de vedere termic, la suprasarcini, siguranța prezintă o situație complicată, și un calcul exact al cedării la căldură este aproape imposibil.

Pentru elaborarea unui *calcul termic preliminar* este necesar ca întreaga siguranță să fie reprezentată printr-un corp echivalent care să producă căldură în interior, să poată înmagazina și ceda căldură. De asemenea, trebuie admisă ipoteza că cedarea de căldură este aceeași în toate direcțiile. Dacă în corpul echivalent se produce cantitatea de căldură Q, o parte a acesteia este cedată mediului ambiant. Diferența dintre căldura produsă și cea cedată variază proporțional cu : diferența de temperatură θ, suprafața de răcire F și coeficientul de cedare a căldurii α. Căldura rămasă în timpul dt este :

$$(Q - \alpha F\theta)\, dt.$$

Această căldură rămasă produce creșterea temperaturii în corp și este proporțională cu căldura specifică c a corpului și cu creșterea temperaturii $d\theta$; reiese deci pentru bilanțul termic :

$$(Q - \alpha F\theta)\, dt = Gc\, d\theta ;$$

integrînd, pentru $t = 0$ și $\theta = 0$, se obține relația cunoscută :

$$\theta = \frac{Q}{\alpha F}(1 - e^{-\frac{t}{T}}), \text{ unde } T = \frac{Gc}{\alpha F}.$$

Desigur că stabilirea căldurii specifice, a coeficientului de cedare a căldurii etc. ale corpului echivalent prezintă dificultăți ușor de imaginat. În afară de aceasta, la realizarea siguranțelor, impunîndu-se anumite condiții de încălzire la contacte, de pierderi proprii care nu pot depăși o anumită limită, de funcționare în limitele caracteristicii timp-curent impuse, se constată că soluțiile și formulele empirice indicate în literatura de specialitate [2], [5] dau rezultate foarte depărtate de cele așteptate. Din aceste motive realizarea prototipurilor pentru suprasarcini, pînă la o anumită valoare, s-au efectuat pe bază experimentală și s-au putut deduce astfel unele relații pentru un tip constructiv. Trebuie remarcat că, în acest domeniu al suprasarcinilor, fenomenul termic este complex din cauza aliajului eutectic aplicat pe lamela fuzibilă.

Considerînd partea inferioară a caracteristicii de funcționare timp-curent, adică la scurtcircuite puternice, se poate admite că procesul de topire al elementelor fuzibile are loc într-un timp foarte scurt, astfel încît transmiterea căldurii către nisipul de umplutură și către piesele metalice poate fi neglijată. Determinarea timpului de topire a siguranței la scurtcircuite este cunoscută [4], [6] și ea a fost redată într-o publicație anterioară [1].

Pentru *determinarea încălzirii*, topirii și vaporizării elementului fuzibil se poate utiliza relația [4] :

$$\int_0^t i^2\, dt = K,$$

în care K reprezintă așa-numita cifră de topire, iar din relația $i = f(t)$ de variație a curentului se poate deduce timpul de topire.

În curent alternativ, în regim tranzitoriu, curentul este dat de relația cunoscută :

$$i = i_a \left[\sin(\omega t + \psi - \varphi) - e^{-\frac{t}{\tau}} \sin(\psi - \varphi)\right].$$

Se expun numai cazurile extreme de variații ale curentului, adică :

— pentru scurtcircuitul simetric, la trecerea prin zero a curentului ($\psi = \varphi$), integrala curentului devine :

$$\int_0^t i^2 \mathrm{d}t = i_a^2 \int_0^t \sin^2 \omega t \, \mathrm{d}t = i_a^2 \left(\frac{t}{2} - \frac{\sin^2 \omega t}{4\omega}\right);$$

— pentru scurtcircuitul asimetric, la trecerea prin valoarea maximă a curentului ($\psi = \pi$ și $\varphi = \frac{\pi}{2}$), aceeași integrală devine :

$$\int_0^t i^2 \mathrm{d}t = i_a^2 \int_0^t (\cos \omega t - e^{-\frac{t}{\tau}})^2 \mathrm{d}t =$$

$$= i_a^2 \left(\frac{\sin 2\omega t}{4\omega} - \frac{2 \sin \omega t}{\omega} + \frac{3}{2} t\right).$$

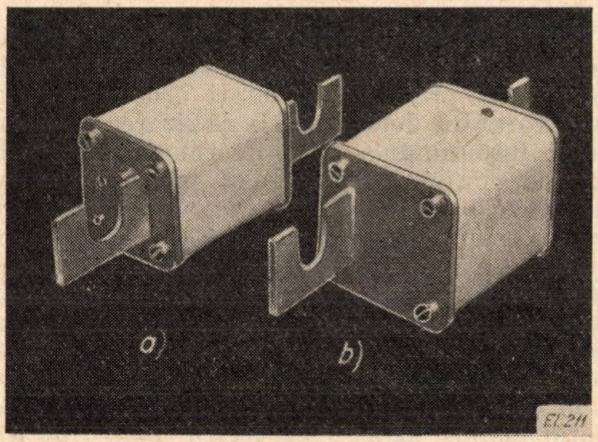


Fig. 1. Siguranță tip I.R.E.B. :
a — pentru 160 A ; *b* — pentru 315 A.

Desigur că acest ultim caz ($\varphi = \frac{\pi}{2}$) se întîmplă extrem de rar ; practic, $\varphi < \frac{\pi}{2}$.

Pentru primul caz valoarea integralei $\int_0^t i^2 \mathrm{d}t$ și deci și timpul t sînt independente de unghiul de defazare φ. Pentru cazul al doilea, la $\psi \neq \pi$ și $\varphi \neq \frac{\pi}{2}$, la mărirea asimetriei $(\psi - \varphi) \to 90°$, timpul de topire se mărește. La o variație mai mare nu se mai pot stabili reguli generale de comportare întrucît raporturile între valori variază foarte mult.

Funcționarea siguranței la scurtcircuit este asigurată de strangularea lamelei, prin practicare de găuri în lamelă. Siguranța este prevăzută cu un semnalizator acționat de un resort la topirea fuzibilului (fig. 2).

Încercările siguranțelor au fost efectuate după normele VDE 0660/1955 și CEI prima ediție 1953. Au fost efectuate probe la sarcinile de 1,3 ; 1,6 ; 2,5 ; 4 și 6 I_n, atît pentru siguranțele de tip rapid, cît și pentru cele de tip lent. Încercările la curentul nominal au fost efectuate

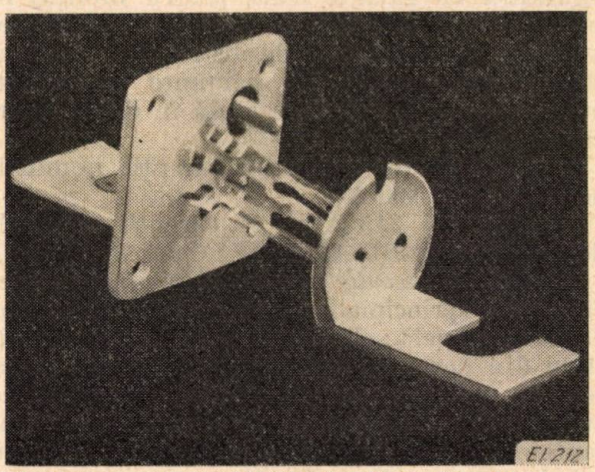


Fig. 2. Siguranța tip I.R.E.B. de 315 A, dispoziția lamelelor fuzibile.

pînă la stabilizarea temperaturii de regim, înregistrîndu-se încălzirile plăcilor de fixare și ale manșonului izolant ; de asemenea, au fost înregistrate și căderile de tensiune la bornele siguranței. În general, ΔU la bornele siguranței variază între 90 și 97 mV pentru siguranțele rapide și între 75 și 88 mV pentru siguranțele cu acționare lentă. La încercările sub curentul nominal, încălzirile între cuțit și furcă au atins valori cuprinse între 16,5°C și 64°C după curentul nominal al siguranței (între 100 și 315 A), deci sub valoarea de 85°C admisă de norme pentru cazul plăcilor de fixare argintate.

Capacitatea de rupere a fost determinată în stația de încercări I.C.P.E. [7] în următoarele condiții : la un curent de scurtcircuit de

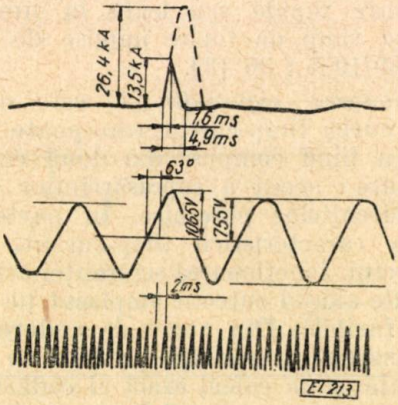


Fig. 3. Oscilograma unei siguranțe rapide de 125 A încercată la un curent de scurtcircuit de 22,8 kA_{ef} ; cos $\varphi = 0{,}2$; $\psi = 63°$.

20 - 23 kA_{ef} și cos $\varphi = 0{,}2$; cu producerea scurtcircuitului la trecerea tensiunii prin zero, la 45° și la trecerea tensiunii prin valoarea sa maximă. În figura 3 se arată oscilograma rezul-

tată din încercarea unei siguranțe de tip I.R.E.B. de 125 A la un curent de scurtcircuit de 22,8 kA_{ef}.

Rezultatele sînt concretizate în caracteristicile medii de funcționare reprezentate în figurile 4 și 8. Din examinarea rezultatelor obținute din încercări se constată că acestea se încadrează în condițiile impuse de normele consultate. Astfel, caracteristicile timp-curent obținute din încercările la 2,5 I_n — 6 I_n, se încadrează în plajele de funcționare menționate în paragraful 36, tabela 13 ale normelor VDE 0660/1955. Probele la capacitatea de rupere se

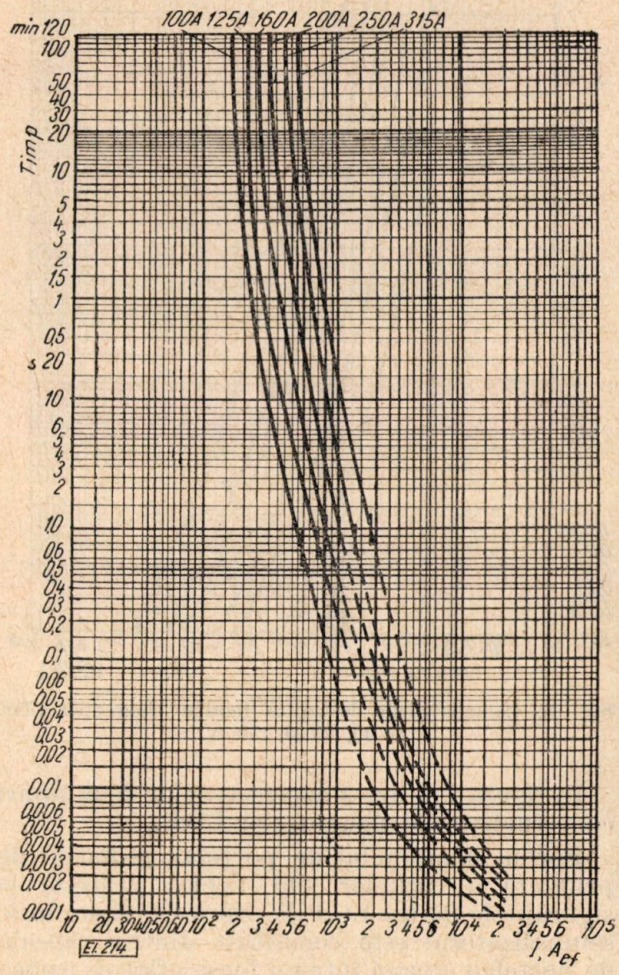


Fig. 4. Caracteristicile medii de funcționare timp-curent pentru siguranțe rapide 100—315A.

încadrează în limitele admisibile de funcționare cu efecte de limitare și de selectivitate [8].

Pentru a asigura efectul de limitare a curentului, în funcționarea siguranței, s-a căutat, în general, o coordonare a timpilor de topire cu puterea de scurtcircuit maximă posibilă în rețea. De asemenea, selectivitatea a fost asigurată prin determinarea judicioasă a timpilor de topire la siguranțele cu I_n diferit.

Criteriul selectivității, în care timpul total de funcționare a siguranței care se topește trebuie să fie mai mic decît timpul de topire al siguranței situate în amonte, este în general utilizat pentru supracurenți. La scurtcircuite puternice, raportul acesta de timpi nu mai poate fi

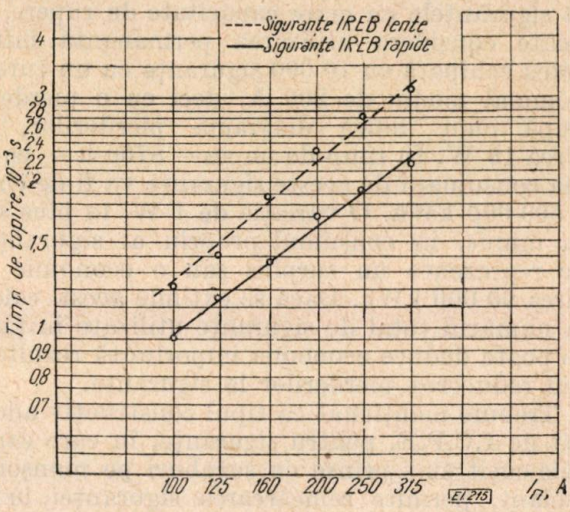


Fig. 5. Timpii de topire ai siguranțelor tip I.R.E.B. rapide și lente la I_{ef} = 22 kA, cos φ = 0,2, ψ = 90° ± 10°.

menținut, selectivitatea păstrîndu-se prin raportul dintre timpii de topire.

În figura 5 se indică timpii de topire pentru siguranțele rapide sau lente, încercările fiind efectuate la capacitatea de rupere de 22 kA_{ef}.

S-a acordat o importanță deosebită pierderilor proprii ale siguranțelor [9]. Se constată că în listele produselor similare străine nu se dau indicații asupra pierderilor siguranțelor la curentul nominal. În cercetarea întreprinsă la I.C.P.E. s-au efectuat măsurări asupra unor siguranțe străine și s-au putut stabili pierderile

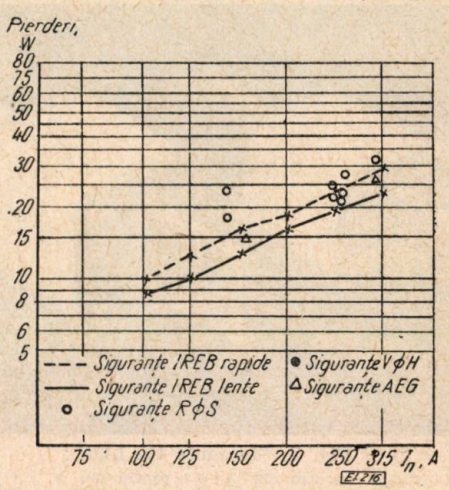


Fig. 6. Pierderile siguranțelor tip I.R.E.B. rapide și lente și ale siguranțelor similare străine.

proprii ale acestor produse. Este util a se arăta pierderile constatate din încercările efectuate asupra siguranțelor tip I.R.E.B., comparativ cu acelea ale unor produse echivalente străine, (fig. 6). Din rezultatul probelor se constată

că aceste pierderi sînt la nivelul pierderilor siguranțelor străine adică între 10 și 29 W pentru siguranțele rapide de 100—315 A și între 8,5 W și 22,2 W pentru cele lente.

Spre a ilustra importanța pierderilor proprii, la siguranțele cu mare capacitate de rupere, se poate considera utilizarea permanentă într-o rețea echipată cu 10 000 siguranțe cu un curent nominal mediu de 200 A, deci cu o pierdere, după cum indică diagrama pierderilor, de circa 18 W. În timp de un an — 8700 h — energia consumată de aceste siguranțe va fi de circa 1 500 000 kWh. O variație de 1 W, în plus sau în minus, în consumul propriu al siguranței, ar reprezenta un surplus sau o economie de circa 90 000 kWh. Dacă se extinde acest calcul la numărul total de siguranțe utilizate în țară, se poate deduce economia importantă rezultată din reducerea pierderilor la siguranțe.

Trebuie menționat că tipul constructiv adoptat de I.C.P.E. pentru siguranțe, în care capacele-cuțit sînt prinse cu șuruburi pe manșonul izolant, permite reîncărcarea siguranței, în fabrică, de cel puțin 2—3 ori cu recuperarea pieselor componente afară de lamelele fuzibile. Regenerarea siguranței, după cum este indicat și în unele liste străine, permite realizări de economii pînă la 75% din costul siguranței noi. Spre deosebire, tipul de siguranțe cu capace roluite, în care, după funcționare, cea mai mare parte a pieselor metalice nu mai poate fi utilizată, constituie astăzi un tip învechit și neeconomic.

Siguranțe tip LDE

O altă serie specială de siguranțe, realizată de I.C.P.E., este aceea a tipului LDE destinată protecției circuitelor electrice la locomotiva

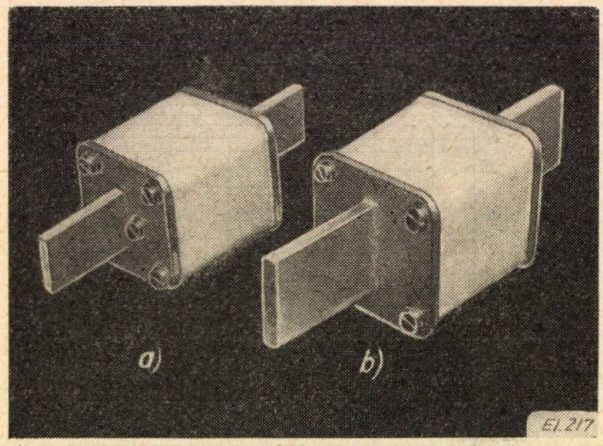


Fig. 7. Siguranțe tip LDE:
a — pentru 250 A; *b* — pentru 400 A.

Diesel electrică. La I.C.P.E. s-au realizat prototipurile acestei serii în gama de curenți nominali necesitată de: 40, 75, 150, 250 și 400 A, 380 V, 50 Hz.

Ca formă constructivă au fost adoptate două puri de siguranțe:

— tipul I pentru curenții nominali de 40, 75, 150 și 250 A;

— tipul II pentru curentul nominal de 400 A.

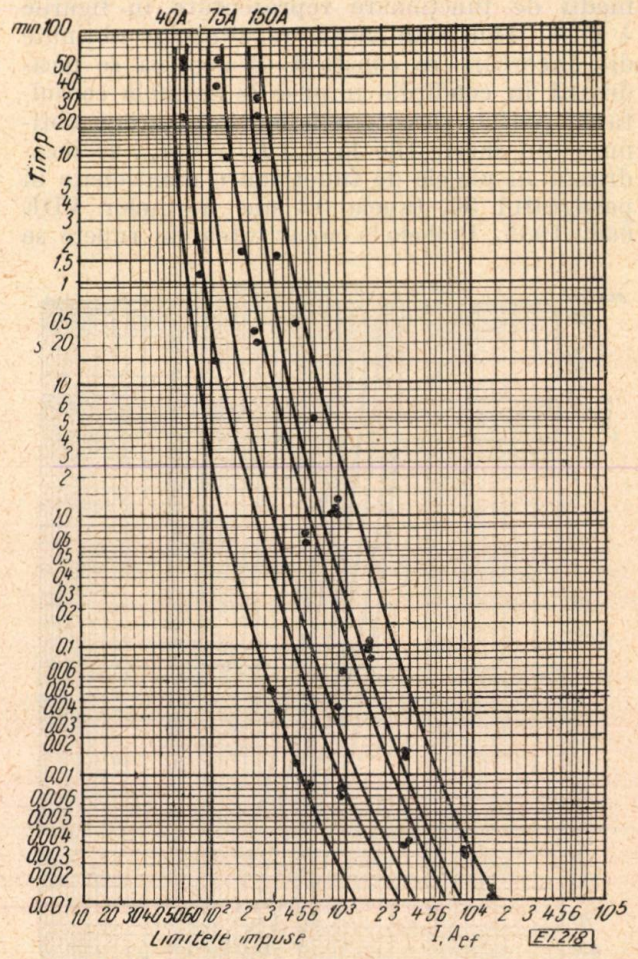


Fig. 8. Caracteristicile de topire pentru siguranțele LDE de 40, 75 și 150 A.

În figura 7 se arată aspectul celor două tipuri constructive ale siguranțelor LDE.

Forma manșonului de porțelan și modul de prindere a cuțitelor sînt acelea utilizate la siguranțele de tip I.C.P.E. Spre deosebire însă, semnalizatorul este constituit dintr-o capsulă de porțelan situată într-un locaș aflat pe partea anterioară a manșonului. La fuziunea lamelei și deci și a firului de reținere, capsula este expulzată de un resort, din locașul ei.

Ambele tipuri de siguranțe LDE se adaptează bine mînerelor speciale utilizate la panoul de distribuție al locomotivei Diesel electrice.

Ca și la siguranțele de tip I.R.E.B., în general, încercările la suprasarcini și scurtcircuite au fost înregistrate pe oscilograme. Rezultatele obținute pentru caracteristica de funcționare $t = f(i)$ se încadrează în limitele valorilor impuse de plaja caracteristicii de funcționare în gradul 2 de întîrziere al normelor elvețiene SNV 24482 [11], după cum reiese și din figura 8.

Pierderile proprii rezultate din încercările acestor siguranțe sînt comparabile cu acelea ale siguranțelor originale ale firmei R & S. În figura 9 se arată comparativ plajele pierderilor

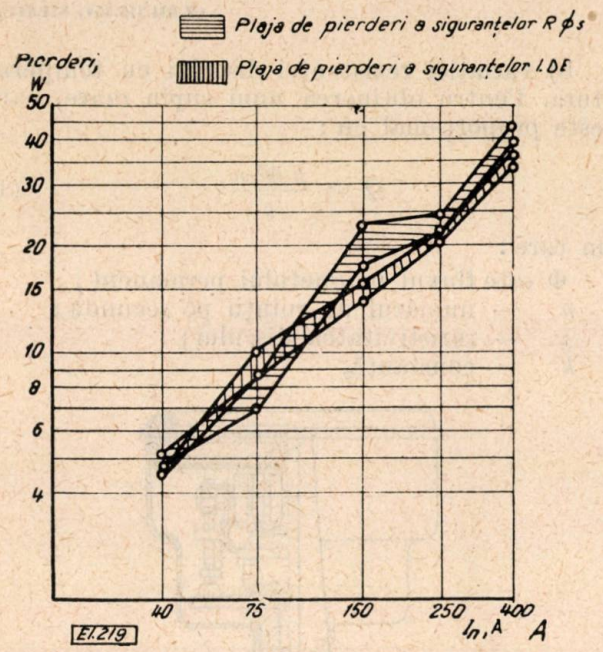


Fig. 9. Pierderile siguranțelor tip LDE și ale siguranțelor străine R & S.

proprii măsurate la siguranțele LDE și la siguranța R & S.

Realizarea acestor noi prototipuri de siguranțe cu mare capacitate de rupere completează echipamentul electric de distribuție de joasă tensiune cu un dispozitiv de protecție cu efect limitator și selectiv. Prin limitarea curentului de scurtcircuit se evită pagube importante produse de efectele termice și dinamice ale acestui curent. Selectivitatea, în special a tipurilor de siguranțe I.R.E.B., asigură scoaterea din circuit a instalației defecte, fără să impieteze asupra instalațiilor aflate în amonte.

Concluzii

Desigur, problema siguranțelor cu mare capacitate de rupere, nu poate fi considerată ca epuizată; nivelul calitativ al acestor produse poate fi ridicat continuu. Capacitatea de rupere poate fi mărită prin adaptarea de manșoane din steatit cu rezistență mecanică superioară. Se poate realiza o economie, care nu este neglijabilă, prin înlocuirea elementelor fuzibile din argint cu elemente din cupru. De asemenea se pot realiza reduceri substanțiale în pierderile proprii ale siguranțelor. Pentru instalații cu funcționări specifice, se pot realiza siguranțe cu caracteristici speciale.

În sfîrșit, domeniile de utilizare, destul de diverse pentru acest dispozitiv de protecție, impun o adaptare a lui la noile necesități ivite și o continuă îmbunătățire.

Bibliografie

[1] *Pesici, M.* Seria unitară de siguranțe rapide de mare putere 10—630 A, 500 V, 50 Hz. Lucrări prezentate la a treia sesiune științifică ICET, vol. **1**, p. 190—220. București, IDT, 1962.

[2] *Lapple, H.* Electric Fuses. Londra, Butterworth, 1952.

[3] Verband Deutscher Elektrotechniker, 0660/1955.

[4] *Rudenberg, R.* Fenomene tranzitorii în sisteme electroenergetice. București, Editura tehnică, 1959.

[5] *Freiberger, R.* La théorie des fusibles à grand pouvoir de coupure pour basse tension. In: Rev. gén. de l'électricité, nr. 45, 1939.

[6] *Avramescu, A.* Über die Berechnung der Kurzschlusserwarmung. In: ETZ, **59**, 1938, p. 980.

[7] *Hortopan, Gh.* Comutator-program pentru încercarea aparatajului de comutație. În: Electrotehnica, **7**, nr. 4, 1959, p. 135—139.

[8] *Salzer, E.* Neuzeitige Strombegrenzende Niederspannungs sicherungen in der Vereinigten Staaten. In: ETZ—B, **10**, nr. 5, 1958.

[9] *Müller, I. M.* Verminderung der Leitstungsaufnahme von Niederspannungs — Hochleistungs Sicherungen. In: ETZ—A, **78**, nr. 22, 1957.

[10] Règles de la CEI pour coupe-circuits à fusibles pour tensions inférieures ou égales à 1 000 V en courant continu et courant alternatif. Publ. 66—1953.

[11] Schweizerische Normen-Vereinigung, 24482.

Intrat în redacție la 15.II.1965

Aliaj termocompensator pentru vitezometre

Suren Cedighian* – Bucureşti

CZ 621.315.554 : 621.317.39

Fluxul unui magnet permanent variază cu temperatura, crescînd cu scăderea temperaturii şi scăzînd cu creşterea ei. Variaţia fluxului magnetic pentru aliajele magnetice cele mai des folosite, Alni şi Alnico, este de ordinul 0,025% pentru fiecare grad Celsius, iar pentru magneţii din ferita de bariu, de 0,2 % pentru un grad Celsius, adică de opt ori mai mare.

În majoritatea aplicaţiilor practice ale magneţilor permanenţi, variaţia fluxului în funcţie de temperatură nu afectează buna funcţionare a produsului şi este neglijabilă, în special la aliajele Alni şi Alnico. La aparatele de măsurat însă, în special la cele de precizie, la vitezometre, turometre, contoare electrice, erorile datorite variaţiei fluxului în funcţie de temperatură nu pot fi neglijate, ele fiind limitate prin norme, şi trebuie deci compensate.

Indicaţiile eronate ale aparatelor menţionate, faţă de valorile de etalonare la temperatura ambiantă de 20 sau 25 grade Celsius, nu se datoresc numai variaţiei fluxului magnetic la diferite temperaturi, ci şi altor cauze, de aceea este indicat a arăta pe scurt principiul de funcţionare a unui astfel de aparat.

Principii de funcţionare [2], [3], [4], [5], [6],

Figura 1 arată schematic principiul de funcţionare a vitezometrului: M este magnetul permanent fixat pe un ax şi antrenat de un arbore flexibil; D – discul metalic sub formă de pahar sau tambur, fixat pe un ax mobil, purtînd un ac indicator I; Sc – scala gradată, care se află în poziţia 0 în timpul repausului, şi Sp – spirala acţionînd ca cuplu antagonist.

În timpul mişcării vehiculului, magnetul, fiind antrenat, se roteşte cu o viteză proporţională deplasării şi induce în discul D curenţii turbionari care pun în mişcare discul D în sensul rotirii magnetului permanent M. Spirala Sp opune o rezistenţă mişcării, şi indicatorul I ia o poziţie de echilibru dictată de momentul electric al curenţilor turbionari şi cuplul antagonist al spiralei.

Erorile posibile la un astfel de aparat, presupunînd un montaj corect şi îngrijit, sînt multiple şi se datoresc:

a) variaţiei fluxului magnetului permanent în funcţie de temperatură care, pentru aliajele Alni şi Alnico, este de ordinul 0,025%/°C;

b) variaţiei rezistenţei discului cu temperatura. Pentru obţinerea unui cuplu mare, care este proporţional cu:

$$Q = \frac{k \cdot \Phi^2 \cdot n}{\rho}, \qquad (1)$$

în care:

Φ este fluxul magnetului permanent;
n – numărul de rotaţii pe secundă;
ρ – rezistivitatea discului;
k – constantă,

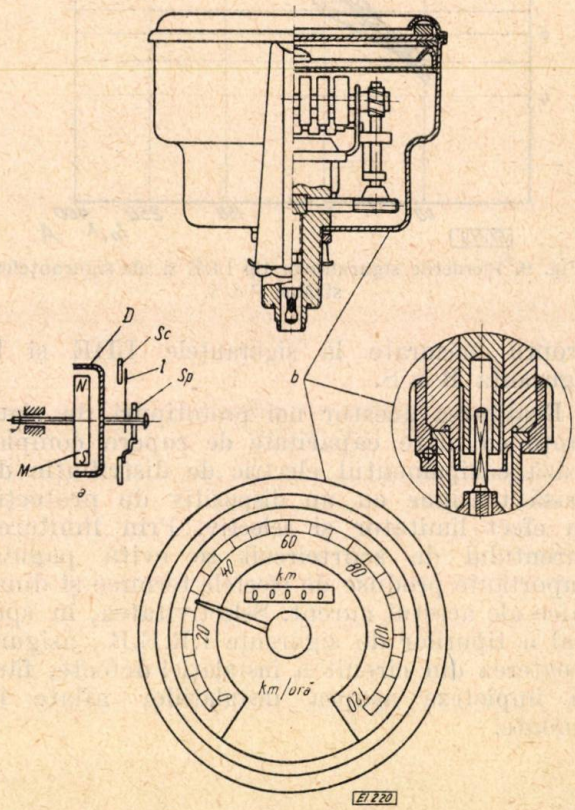


Fig. 1. Schema vitezometrului.

se folosesc discuri din aluminiu sau cupru, care au însă un coeficient de temperatură de 0,4%/°C;

c) variaţiei modulului de elasticitate E al spiralei, la care se adaugă eventualele defecte de calibrare şi neomogenitatea materialului;

d) variaţiei dimensiunilor spiralei (lungime, lăţime, grosime) cu temperatura;

e) frecărilor mecanice.

Atît timp cît aparatul funcţionează la temperatura de etalonare, indicaţiile sînt corecte şi proporţionale cu viteza de rotire a megnetului permanent. La variaţia temperaturii,

* Dir. ing. *S. Cedighian* este şeful turnătoriei de magneţi la Uzina „Electromagnetica".

fluxul magnetului și rezistența discului de aluminiu sau cupru variază; cu creșterea temperaturii, fluxul magnetului permanent scade, iar rezistența discului crește, ceea ce duce la indicarea unor valori mai reduse decît cele reale în comparație cu datele etalonării.

La scăderea temperaturii, fluxul magnetului crește, iar rezistența discului de aluminiu sau cupru descrește, indicațiile aparatului fiind relativ mai mari decît cele obținute la etalonare, la temperatura prescrisă.

Erorile datorite variației modulului de elasticitate și schimbării dimensiunilor fizice cu temperatura sînt neglijabile, față de cele ale fluxului magnetic și rezistivității.

Pentru compensarea erorilor arătate se folosesc aliaje termocompensatoare care au un coeficient negativ al inducției magnetice și, aplicate pe magnetul permanent în poziție adecvată scopului și cu punct Curie corespunzător gamei de compensare, șuntează magnetul progresiv cu scăderea temperaturii, ajutînd la corectarea indicațiilor în limitele prescrise.

Fluxul rezultant la magnetului șuntat este:

$$\Phi_r = \Phi_m - \Phi_c \qquad (2)$$

sau (Φ fiind $= B.s$):

$$\Phi_r = B_m \cdot s_m - B_c \cdot s_c, \qquad (3)$$

în care:

Φ_r este fluxul rezultant;
Φ_m — fluxul magnetului permanent;
Φ_c — fluxul termocompensatorului;
B_m — inducția magnetului permanent;
B_c — inducția termocompensatorului;
s_m — secțiunea magnetului;
s_c — secțiunea termocompensatorului.

La atingerea punctului Curie, materialul termocompensator devine paramagnetic, deci $B_c \cdot s_c = 0$ și se obține:

$$\Phi_r = B_m \cdot s_m . \qquad (4)$$

Cu scăderea temperaturii, fluxul magnetului crește liniar cu temperatura, iar permeabilitatea materialului termocompensator crește; aliajul devine, pe măsura scăderii temperaturii din ce în ce mai puternic, feromagnetic și șuntează magnetul pe care este aplicat; creșterea permeabilității corespunde curbei caracteristice aliajului folosit.

Dacă s-ar cere numai compensarea erorii de temperatură a magnetului, atunci produsul $B_c\, s_c$ trebuie să aibă o valoare egală cu variația procentuală a produsului $B_m\, s_m$ în raport cu temperatura. În practică însă, trebuie compensate, pe lîngă erorile de temperatură ale magnetului, și cele ale discului, ceea ce arată că produsul $B_c\, s_c$ trebuie să fie mai mare decît echivalentul creșterii procentuale a lui $B_m\, s_m$.

Aliaje termocompensatoare și caracteristicile lor [1], [7]

Aliajele termocompensatoare sînt caracterizate prin permeabilitate variabilă cu temperatura, saturație magnetică pronunțată în funcție de temperatură și punct Curie scăzut.

Variația permeabilității în funcție de temperatură nu este pronunțată în apropierea punctului Curie, unde curba se apropie asimptotic de axă, deci în această regiune compensarea va fi ineficace. Panta mare a curbei creșterii permeabilității începe la cîteva zeci de grade de punctul real Curie.

De asemenea, trebuie menționat că variația permeabilității, în raport cu temperatura, nu este o caracteristică exclusivă a aliajului folosit, ci este influențată și de intensitatea cîmpului. În cîmpuri slabe, variația permeabilității cu temperatura nu are o alură liniară și bine determinată. În cîmpuri puternice, variația amintită este un multiplu al celei pentru cîmpuri slabe și poate fi bine definită pentru fiecare aliaj în parte. La aplicarea benzilor termocompensatoare pe magneți trebuie urmărit ca ele să fie plasate în poziția de cîmp maxim pentru a avea eficacitate mare.

Forma și dimensiunile fizice ale benzii termocompensatoare au, de asemenea, un rol important la compensarea erorii și trebuie judicios alese pentru fiecare caz în parte, preferabil prin încercări. Ca o îndrumare se poate arăta că, în majoritatea cazurilor, lungimea benzii va fi un multiplu al lățimii, iar lățimea mai mare decît grosimea pentru o compensare eficace.

În cazurile în care se cere compensarea erorilor de temperatură pe o gamă mare, se folosesc de preferință două materiale termocompensatoare cu compoziții variate ale elementelor componente, care au game diferite de compensare și împreună acoperă o plajă mai mare de temperatură.

În literatura de specialitate sînt menționate o serie de aliaje termocompensatoare, cunoscute sub diferite denumiri comerciale, ca: calmalloy, thermalloy, thermoflux, thermoperm, kompentherm, compensator etc. Cele mai des folosite sînt aliajele termocompensatoare pe bază de nichel-fier (30 % Ni; rest Fe), nichel-crom-fier (35 % Ni; 14% Cr; rest Fe), nichel-cupru (60—70 % Ni; rest Cu), nichel-siliciu-fier (32% Ni; 5% Si; rest Fe).

Aliajele menționate sînt produse fie prin turnare în cuptoare cu inducție, de preferință în vid, fie prin metalurgia pulberilor, care asigură o dozare mai precisă a elementelor componente și, implicit, a gamei de compensare dorite.

Trebuie menționat că compozițiile arătate în literatura de specialitate sînt informative; micile variații ale elementelor componente, cum și adaosurile nemenționate, modifică uneori sensibil gama de compensare și favorizează even-

tual prelucrările mecanice, ca forjarea sau laminarea.

De asemenea trebuie arătat că aliaje cu absolut aceeași compoziție nu asigură totdeauna aceeași gamă de compensare și firmele producătoare nu garantează decît o anumită plajă de compensare în gama dorită.

La aliajul pe bază de nichel-fier, cel mai des folosit pentru termocompensare, în gama temperaturilor obișnuite, elementul care imprimă gama de compensare este nichelul, care mărește aproape liniar punctul Curie cu creșterea conținutului său. În acest aliaj, pe lîngă elementele de bază, nichelul și fierul, un rol important au și conținuturile de carbon, siliciu și mangan; manganul se introduce în diferitele aliaje termocompensatoare pe bază de nichel și fier, de la fracțiuni de procente pînă la mai multe procente, și produce scăderea temperaturii Curie.

La aliajele pe bază de nichel-crom-fier, elementul principal care imprimă gama de compensare este cromul; la un conținut de 14% Cr și 35% Ni, rest Fe, aliajul este practic paramagnetic la temperatura ambiantă. Cu scăderea conținutului de crom, punctul Curie crește. Aliajele pe bază de nichel-crom-fier conțin 10—14% crom, 10% fiind limita de jos, iar 14%, limita de sus. Conținutul de carbon trebuie să fie mic, sub 0,05 %.

Elaborarea acestui aliaj este foarte dificilă din cauza pierderilor cromului, care nu pot fi stăpînite, chiar la o elaborare în vid, dacă vidul nu este înaintat.

Elaborarea aliajului Ni-Cr-Fe

Ținînd seamă de gama mare de compensare, s-a ales, pentru compensarea vitezometrelor și turometrelor, aliajul pe bază de nichel-crom-fier care, în lipsa unui cuptor de inducție cu elaborare în vid, a fost topit într-un cuptor de capacitate mică (circa 10 kg), adaptat la un generator de înaltă frecvență și putere mare, spre a reduce la minimum timpul de topire și a feri astfel materialul de o oxidare pronunțată.

Materialele, riguros cîntărite pe balanța farmaceutică și tăiate în bucăți de 50—200 g, sînt introduse în cuptor în ordinea : fier, nichel, crom. La început se introduce fierul sărac în carbon, cu maximum 0,03% C; după topirea fierului se introduce treptat nichelul electrolitic, și după topirea nichelului, cromul sau ferocromul (ferocrom care conține foarte puțin carbon, 0,04 %), ținînd seamă de compoziția exactă a ferocromului folosit. Șarja se acoperă cu o zgură formată din sticlă pisată. Amestecarea șarjei se face cu o rangă de fier moale. Înainte de turnare, la circa 1 620—1 630°C, aliajul se dezoxidează cu circa 50 g siliciu (pentru șarja de 10 kg) și cîteva grame de aluminiu.

Turnarea. Turnarea se face la o temperatură de 1 620—1 630°C din cuptor în oală căptușită cu material refractar și preîncălzită la cel puțin 700°C. Înainte de turnare se îndepărtează zgura. Turnarea aliajului din oală se face în forme refractare bine uscate sau în cochilie metalică preîncălzită, avînd grijă de evacuarea gazelor rezultate în timpul turnării. Pentru a ușura forjarea ulterioară a barelor, s-a ales o formă hexagonală. Scurt timp după solidificare, barele sînt demulate și lăsate să se răcească în aer liniștit sau aer forțat.

Pregătirea pentru forjare. Aliajele pe bază de nichel și crom absorb diferite gaze în timpul elaborării și le cedează în timpul solidificării, cauzînd defecte superficiale, îndeosebi sufluri invizibile. Din cauza oxidării, în timpul turnării apar pelicule de oxizi ce provoacă reprize (sudări). Pentru îndepărtarea acestor defecte, care aderă parțial pe pereții superficiali ai barelor, este necesară o polizare a lingourilor pe o adîncime de 1—2 mm, pentru a preveni riscul de spargere a lingourilor la forjare.

Forjarea. Pentru aliaje pe bază de nichel și nichel-crom, literatura de specialitate recomandă încălzirea materialului în atmosferă protectoare. În lipsa unui astfel de cuptor în apropierea forjei, barele s-au încălzit în cuptor cu flacără, avînd grijă ca arderea să fie completă, fără exces de aer, temperatura cuptorului fiind reglată la 1 250°C (50°C peste temperatura de forjare a materialului). Barele sînt lăsate în cuptor pînă ce temperatura pătrunde pînă în miezul materialului.

Aliajele pe bază de nichel-crom se caracterizează printr-o structură pronunțat dendritică și o tendință de segregare, care provoacă fragilitatea lingourilor și ruperea lor în bucăți în timpul forjării; de aceea se recomandă ca forjarea barelor hexagonale să se facă cu multă atenție și treceri line, aplicînd la început lovituri ușoare și egale pe toate suprafețele hexagonului, obținînd reduceri de 3—5% la primele 3—4 lovituri, urmînd apoi lovituri din ce în ce mai tari, aplicate în mod egal pe toate suprafețele hexagonului. Forjarea este continuată pînă ce materialul atinge temperatura de 1 000°C cînd bara se introduce în cuptor pentru reîncălzire, și se continuă forjarea pentru a se obține tablă cu o grosime pe cît posibil sub 10 mm, tabla obținută putînd fi laminată la rece.

Laminarea. Înainte de laminare, tabla rezultată din forjare trebuie decapată, ceea ce se poate face într-o soluție compusă din : 20% H_2SO_4; 3% CrO_7K_2; 0,4% NaCl, soluție menținută la circa 60°C.

Laminarea tablelor decapate se poate face fără dificultăți, materialul fiind suficient de ductil și neavînd duritate mare. Forjarea tablelor de la circa 8 mm grosime s-a făcut la rece pînă la 1 mm grosime, cît era nevoie.

Tratamentul termic. Tratamentul termic la tablele laminate se face în atmosferă protectoare sau, în lipsă, în cutii de fier umplute cu talc. Tratarea se face la 800°C prin ridicarea treptată a temperaturii, menținînd materialul două ore la această temperatură. Răcirea se face în cuptor. Materialul tratat este mai puțin dur și poate fi mai ușor prelucrat mecanic.

Structura aliajului. Structura aliajului este pronunțat dendritică. Materialul forjat și laminat, netratat termic sau tratat la 800°C, prezintă soluție solidă de fier gama, puternic deformată datorită solicitărilor mecanice, în special de laminare la rece. Atacul probelor s-a făcut cu soluție de HCL 10% în alcool metilic.

Punctul Curie și variația permeabilității. Determinarea punctului Curie prezintă dificultăți, în special pentru materialele termocompensatoare, care au o alură pronunțat asimptotică în apropierea stării de paramagnetism. Pornind de la punctul Curie spre temperaturi scăzute (spre permeabilități crescînde), panta curbei este foarte mică într-un interval de circa 50°C, ceea ce înseamnă că acest domeniu este practic ineficace pentru compensarea erorilor magnetului permanent și ale discului de aluminiu sau cupru.

Pentru scopuri practice, punctul Curie se poate determina stabilind temperatura la care materialul se desprinde de un magnet, permanent. În acest scop, o bucată de tablă termocompensatoare este prinsă de un magnet și încălzită lent pînă în momentul cînd se desprinde de magnet. O bandă din aliajul IV, încălzită într-un pahar cu apă pusă pe foc, s-a desprins la temperaturi între 55—57 °C.

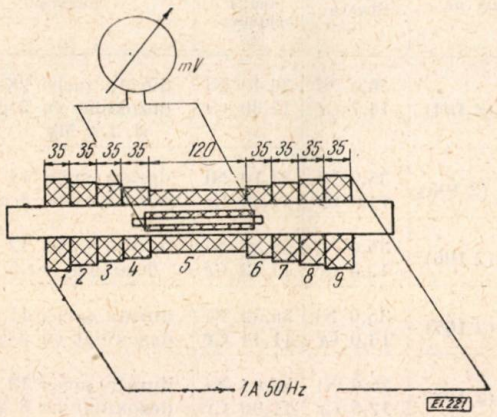


Fig. 2. Schema solenoidului.

Alura curbei permeabilității în funcție de temperatură este dată în figura 3. Pentru ridicarea curbei se recomandă un solenoid (fig. 2) cu număr crescînd de spire spre extremități, pentru a avea un cîmp uniform și alimentat de la o sursă de curent alternativ de 50 Hz. Banda termocompensatoare de măsurat se introduce într-un tub fixat în centrul solenoidului, care conține o bobină de cîteva sute de spire, firele bobinei fiind legate la un voltmetru electronic. Pentru diferitele temperaturi se notează indicațiile voltmetrului. Curentul

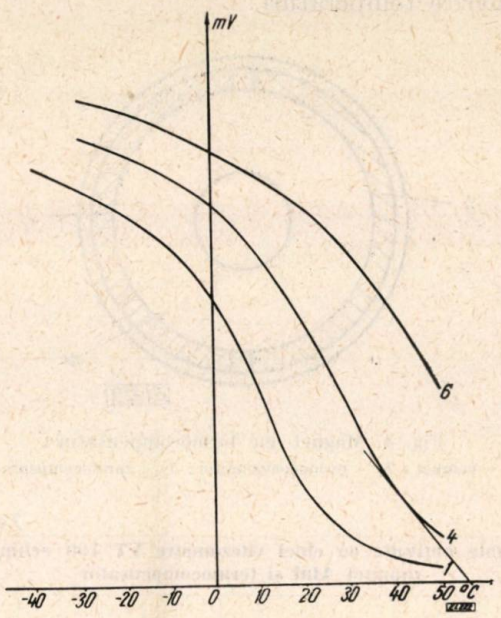


Fig. 3. Variația permeabilității în funcție de temperatură.

solenoidului se menține constant în tot timpul măsurărilor. Tangenta curbei pentru aliajul IV, în porțiunea unde începe ascensiunea pronunțată, taie axa de temperatură la 57 °C.

Șarje experimentale. Gama de reglaj pentru materialul termocompensator depinde în primul rînd de compoziția chimică a aliajului ; la aliajul pe bază de nichel-crom, cromul este elementul care modifică sensibil punctul Curie. Pentru experimentări s-au elaborat două șarje, cu conținut diferit de crom, avînd următoarele analize chimice :

șarja I...12,7% Cr, 36,4% Ni, rest Fe;

șarja a II-a....10,2% Cr, 35,8% Ni, rest Fe.

S-a încercat cu succes reproductibilitatea acestor aliaje.

Primul aliaj, cu 12,7% crom, s-a dovedit a fi slab feromagnetic, iar al doilea, pronunțat feromagnetic la temperatura ambiantă.

Benzi din aceste două aliaje diferite au fost aplicate, cîte un segment din fiecare bandă (fig. 4), pe magnetul vitezometrului, rezultatele fiind date în tabela 1, de unde reies abaterile de la —36 la +60°C. Măsurările pentru

determinarea abaterilor în intervalul prescris sînt făcute cu multă grijă, lăsînd vitezometrele ore întregi la temperaturile arătate înainte de măsurare. La o etalonare corectă, la 25°C, vitezometrele ar trebui să arate 60 km la 600 rot/min şi 100 km la 1 000 rot/min, ceea ce nu este cazul; din datele tabelei reies însă abaterile la diferite temperaturi.

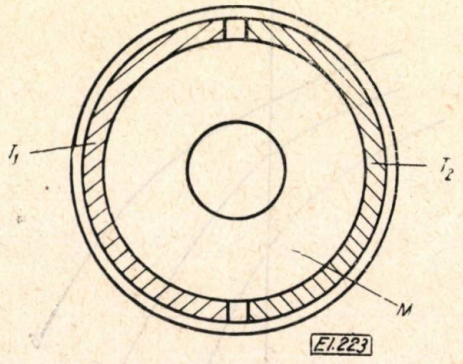


Fig. 4. Magnet cu termocompensator:
M – magnet; T_1 – termocompensator; T_2 – termocompensator.

Tabela 1

Rezultate obţinute cu cinci vitezometre VT 100 echipate cu magnet Alni şi termocompensator

Vitezometrul	Temperatura, °C	+60	+50	+25	+18	0	−15	−30	−36
1	km la 600 rot/min	58	58	59	60	60	60	58	60
	km la 1 000 rot/min	97	97	97	98	98	98	95	98
2	km la 600 rot/min	54	54	56	57	57	56	55	56
	km la 1 000 rot/min	94	94	94	95	95	95	95	95
3	km la 600 rot/min	57	57	59	60	60	60	58	60
	km la 1 000 rot/min	97	97	98	98	99	98	97	97
4	km la 600 rot/min	58	58	58	59	60	58	58	62
	km la 1 000 rot/min	98	98	98	99	100	98	98	105
5	km la 600 rot/min	53	53	54	55	55	55	56	56
	km la 1 000 rot/min	94	94	94	95	97	96	96	98

Notă. Vitezometrele sînt luate prin sondaj, avînd magneţi Alni şi benzi termocompensatoare din două aliaje.

Norme

Normele pentru vitezometre limitează erorile de temperatură pentru diferitele game în anumite limite, de exemplu GOST 1578 prevede erori admisibile în gama de −30 pînă la 50°C:

de la −20 la +15 şi de la 25 la 35 °C ±5%;

de la −30 la −20 şi de la 35 la 50°C ±10%.

O normă germană de fabricaţie MB−S 70402 prevede erori admisibile în gama temperaturilor de la − 20 pînă la +60°C, pentru viteze pînă la 60 km/h şi peste 60 km/h (datele pînă la 60 km/h fiind indicate în km, iar peste 60 km/h, în procente faţă de viteza reală):

	pînă la 60 km/h km	peste 60 km/h %
peste 20 pînă la 30 şi sub 20 pînă la 10°C	0−4	0−6
peste 30 pînă la 40 şi sub 10 pînă la 0°C	0−4	0−7
peste 40 pînă la 50 şi sub 0 pînă la −10°C	0−5	0−8
peste 50 pînă la 60 şi sub −10 pînă la −20°C	0−5	0−9

După cum reiese din normele menţionate, erorile admisibile sînt, pentru diferite intervale, suficient de mari, ceea ce a determinat încercarea folosirii unui aliaj unitar care să acopere întreaga gamă de compensare. În acest scop s-au elaborat o serie de şarje variind compoziţiile chimice, în special conţinutul de crom. Tabela 2 conţine date în legătură cu aceste aliaje, iar tabela 3 arată rezultatele obţinute cu diferite aliaje termocompensatoare, realizate fie dintr-un singur aliaj, fie din două aliaje cu compoziţii diferite, care se aplică pe magnet în segmente. Măsurările sînt efectuate aici pentru fiecare vitezometru la trei diferite rotaţii, corespunzînd la 60, 80 şi 100 km/h. Şi aici trebuie făcută observaţia că etalonarea la temperatura ambiantă nu este totdeauna corectă, ceea ce nu împiedică deducerea abaterilor la diferite temperaturi.

Tabela 2

Şarje experimentale de termocompensator

Şarja nr.	Materiale introduse Ni şi Cr, %	Rezultatul analizei chimice, %	Observaţii
I (2 104)	36,0 Ni 14,7 Cr	36,40 Ni 12,30 Cr	durata şarjei 28 min dezoxidat cu 5 g Al şi 3 g Mg
II (2 105)	35,0 Ni 14,0 Cr	34,10 Ni 11,86 Cr	durata şarjei 14 min dezoxidat cu 5 g Al
III (2 106)	35,0 Ni 13,5 Cr	34,50 Ni 11,62 Cr	durata şarjei 12 min dezoxidat cu 5 g Al
IV (2 107)	35,0 Ni 13,0 Cr	35,52 Ni 11,44 Cr	durata şarjei 11 min dezoxidat cu 5 g Al
V (2 108)	35,0 Ni 12,5 Cr	36,64 Ni 11,00 Cr	durata şarjei 12 min dezoxidat cu 5 g Al
VI (2 109)	35,0 Ni 12,0 Cr	35,26 Ni 10,64 Cr	durata şarjei 16 min dezoxidat cu 5 g Al

Trebuie remarcat că şarjele au fost elaborate cu multă atenţie, iar materiile prime cîntărite riguros pe balanţă farmaceutică. Tot materialul rezultat a fost forjat şi laminat în condiţii bune.

Rezultatele analizelor chimice arată pierderi însemnate ale cromului. Din aceste analize reiese scăderea conținutului de crom de la prima pînă la ultima șarjă, cum era de așteptat și după materialul introdus; totuși, variațiile nu sînt tocmai proporționale cromului introdus.

Tabela 3

Rezultate cu vitezometre VT 100 cu termocompensator

Temperatura, °C	−35	−25	+15	0	+20	+40	+55
	Vitezometru cu benzi termocompensatoare I + IV						
n = 600 rot/min	62	60	59	58	61	60	60
n = 800 rot/min	80	77	76	78	78	77	76
n = 1 000 rot/min	95	93	92	94	95	94	92
	Vitezometru cu benzi termocompensatoare II + VI						
n = 600 rot/min	60	56	58	58	56	54	55
n = 800 rot/min	77	74	75	77	75	70	72
n = 1 000 rot/min	94	93	92	94	92	87	88
	Vitezometru cu benzi termocomensatoare I + V						
n = 600 rot/min	63	64	60	59	60	60	61
n = 800 rot/min	80	77	78	77	78	77	77
n = 1 000 rot/min	98	96	95	95	97	97	95
	Vitezometru cu benzi termocompensatoare II + V						
n = 600 rot/min	60	57	59	58	60	59	60
n = 800 rot/min	77	75	75	77	78	77	78
n = 1 000 rot/min	94	92	93	94	95	94	94
	Vitezometru cu termocompensator unitar III						
n = 600 rot/min	57	59	55	54	57	59	58
n = 800 rot/min	80	78	74	75	79	82	80
n = 1 000 rot/min	102	99	95	95	100	104	101
	Vitezometru cu termocompensator unitar IV						
n = 600 rot/min	61	57	57	58	59	61	61
n = 800 rot/min	78	76	74	75	75	78	80
n = 1 000 rot/min	95	93	90	92	92	95	96
	Vitezometru cu termocompensator unitar IV						
n = 600 rot/min	60	59	55	54	57	59	58
n = 800 rot/min	80	78	74	75	79	82	80
n = 1 000 rot/min	102	99	95	95	100	104	101

Notă. Șarjele I–VI corespund șarjelor 2 104–2 109 din tabela 2.

După cum reiese din datele tabelei 3, șarjele III și IV corespund ca material unitar pentru compensare în gama prescrisă.

La vitezometrele măsurate trebuie remarcat și faptul că cuplul antagonist format din arcul spirală nu are totdeauna proporționalitatea cuplului prescris, de unde reies diferențe la diferite turații.

Întreg materialul rezultat a putut fi folosit pentru compensare, combinînd benzile din primele două șarje cu conținut de crom bogat cu ultimele două șarje cu conținut redus de crom sau benzi din șarja trei și patru ca material unitar.

Măsurările sînt efectuate la instalația reprezentată în figura 5. Motorul M de curent continuu este alimentat de la un redresor cu tensiune variabilă după dorință, tensiunea de la

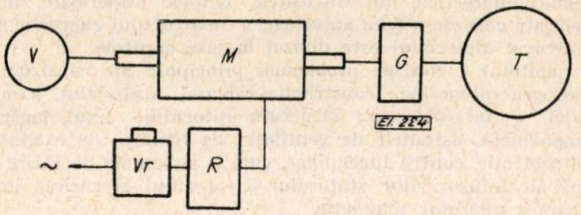


Fig. 5. — Schema-bloc a instalației de măsură:

M – motor de curent continuu; V – vitezometru de verificat; G – generator hexapolar cu magnet permanent; T – turometru conectat la generatorul G; R – redresor; Vr – variac.

rețea a redresorului fiind reglată cu un variac. Vitezometrul V, de măsurat, se conectează la un ax al motorului, iar pe celălalt ax este plasat tahogeneratorul. Indicațiile tahogeneratorului au fost în prealabil verificate cu un frecvențmetru și cu un stroboscop.

Folosirea benzii termocompensatoare nu este desigur rezervată pentru vitezometre. Șuntînd magneții contorului electric cu bandă termocompensatoare corespunzătoare, s-au obținut rezultate bune, probele fiind omologate.

Concluzii

Materialul termocompensator pe bază de nichel-crom, elaborat în țară, are o gamă mare de compensare, putînd fi folosit atît pentru compensarea erorilor în domeniul temperaturilor pozitive, cît și negative, la vitezometre, contoare electrice și diferite aparate de măsurat.

Bibliografie

[1] *Zeimovschi, A. S.* și *Uşov, V. V.* Metale și aliaje electrotehnice. București, Editura tehnică, 1952.

[2] *Goederitz.* Metallguss, vol. II. Saale VEB, Wilhelm Knapp Verlag, 1955.

[3] *Pflier, M.* Elektrische Messung mechanischer Grössen. Berlin, Springer, 1956.

[4] *Pflier, M.* Elektrische Messgerte und Messverfahren. Berlin, Springer, 1957.

[5] *Turicin, A. M.* Măsurarea electrică a mărimilor neelectrice. București, Editura tehnică, 1957.

[6] *Eder, Fr. K.* Moderne Messmethoden der Physik. Berlin, Verlag Technik, 1960.

[7] Weichmagnetische Sonderwerkstoffe. Editat de VEB Halbzeugwerk Aue (Sachsen), 1963, 44 p.

Intrat în redacție la 20.I.1965

RECENZII

CZ 621.313.32–81.001.24

A. I. Abramov şi A. V. Ivanov – Smolenskii. **Calculul şi construcţia hidrogeneratoarelor.** Moscova, Editura Vîsşaia Şkola, 1964, 260 pag., 51 ref. bibl.

Cartea este destinată studenţilor din specialităţile electrotehnică-energetică din institutele tehnice superioare, fiind dedicată celei de-a 60-a aniversări a Institutului energetic din Moscova. Materialul este divizat în şase capitole.

Capitolul 1 conţine problemele principale ale construcţiei hidrogeneratoarelor: construcţia carcasei statorului, a miezului, a înfăşurărilor; structura rotorului, axul, lagărul, crapodinele, sistemele de ventilaţie, de frînare, de excitaţie, de protecţie contra incendiilor, cum şi sistemele de răcire cu apă ale înfăşurărilor statorului şi rotorului şi răcirea interioară a miezului magnetic.

Capitolul 2 este destinat alegerii dimensiunilor principale ale hidrogeneratoarelor, subliniindu-se particularităţile acestei alegeri atît în cazul răcirii interioare cu apă a înfăşurărilor, cît şi în cazul răcirii combinate (apă, stator; aer, rotor).

Capitolul 3 conţine calculul electromagnetic al maşinii. Astfel, se examinează problemele: alegerea tipului de înfăşurare, a numărului de crestături pe pol şi fază (q); alegerea dimensiunii crestăturii; a întrefierului; configuraţia polului; înfăşurarea de amortizare; calculul circuitului magnetic, al tensiunii magnetomotoare inductoare în sarcină; stabilirea dimensiunilor înfăşurării de excitaţie, calculul reactanţelor şi al constantelor de timp, calculul greutăţilor, al pierderilor şi al randamentului.

Capitolul 4 examinează problemele calculului mecanic: consolidarea polilor, a distanţoarelor; calculul tălpii polare, al cercului rotorului; calculul carcasei; calculul momentului de inerţie a rotorului.

Capitolul 5 este consacrat calculului termic şi de ventilaţie: calculul de ventilaţie a hidrogeneratorului cu răcire superficială; calculul termic al hidrogeneratorului cu răcire superficială; determinarea supratemperaturii înfăşurării şi miezului statorului; determinarea supratemperaturii înfăşurării de excitaţie; calculul termic al hidrogeneratorului cu răcire internă.

Capitolul 6 conţine un exemplu de calcul.

La sfîrşitul lucrării sînt ataşate şase anexe care conţin date privind conductoarele şi barele de cupru; caracteristicile diferitelor mărci de oţeluri electrotehnice; lungimea medie a secţiunii înfăşurării în două straturi; date privind tensiunea magnetică a dinţilor statorului; sistemele de unităţi de măsură; date tehnice ale hidrogeneratoarelor verticale, construite în U.R.S.S. Lucrarea prezintă calităţi remarcabile: expune succint şi clar problemele construcţiei şi calculului hidrogeneratoarelor moderne, sintetizînd experienţa ştiinţifică şi industrială a U.R.S.S. în acest domeniu, în care ocupă un loc conducător în tehnica mondială. Referirile concrete la normele tehnice în vigoare (GOST) imprimă un conţinut tehnic pronunţat tuturor capitolelor, de natură să educe şi să orienteze pe studenţi în spiritul disciplinei tehnice şi al problemelor tehnico-economice complexe moderne ale construcţiei de maşini.

Se poate aprecia că, prin conţinutul şi calităţile sale pedagogice şi metodologice, lucrarea reprezintă o contribuţie valoroasă în literatura mondială de acest gen. Considerăm drept o sarcină urgentă şi foarte importantă a editurilor de specialitate traducerea acestei lucrări în limba romînă.

V. Nedelcu

CZ 621.315.613 : 678.8

K. A. Andrianov. **Izolanţi siliconici cu mare stabilitate termică** (Teplostoikie kremniorganiceskie dielektriki). Moscova, Editura energhiia, 1964, 376 p., 60 ref. bibl.

Dezvoltarea impetuoasă a construcţiilor de echipament electrotehnic necesită în permanenţă noi materiale izolante care să corespundă cerinţelor tot mai severe, în special în domeniul temperaturilor ridicate de lucru.

Multe categorii de produse electrotehnice se fabrică în ultima vreme pentru funcţionarea la temperatura de 180°C, corespunzînd clasei termice H. Pentru această clasă de izolaţie termică corespund materialele siliconice larg dezvoltate în ultima vreme. Unele dintre aceste materiale pot lucra la temperaturi pînă la 200°C, şi, pentru funcţionare de scurtă durată, chiar şi la temperaturi de 300°C.

Cartea prof. Andrianov, specialist de seamă în domeniul materialelor electroizolante, face parte din seria „Polimerii în tehnica izolaţiilor electrice", editată în U.R.S.S.

Autorul şi-a propus să prezinte rezultatele ultimelor cercetări din acest domeniu în U.R.S.S. şi în străinătate, dînd lucrării un pronunţat caracter monografic.

Cartea, împărţită în zece capitole, tratează în linii mari două probleme principale: a) prezentarea materialelor siliconice, şi b) folosirea acestor materiale în schemele de izolaţie a echipamentului electrotehnic.

Întrucît lucrarea se adresează în primul rînd constructorilor de echipament electrotehnic, ne vom ocupa mai pe larg de cea de-a doua problemă.

Primele patru capitole se ocupă de problemele generale ale materialelor pe bază de siliconi. Astfel, capitolul unu tratează problema carbonului, siliciului şi oxigenului (elementele de bază ale moleculei polimerice în izolanţii siliconici), iar capitolul doi se ocupă de principiile generale ale formării siliconilor.

Capitolele trei şi patru se ocupă de structura acestor polimeri şi se insistă asupra proceselor de hidroliză şi policondensare a produselor rezultate din aceste procese.

Capitolul cinci tratează problema destrucţiei termice a răşinilor poliorganosiloxanice. Este vorba de elasticitatea termică a acestor răşini.

Cu capitolul şase începe prezentarea izolanţilor siliconici, şi anume a izolanţilor lichizi; se prezintă metodele folosite la obţinerea acestor dielectrici (polimetil-siloxanic şi polietil-siloxanic). Dintre aceste produse siliconice folosite, în general, în tehnică este de menţionat tipul „Caloria–2" cu aplicaţii speciale în electrotehnică la impregnarea condensatoarelor destinate a lucra la temperaturi ridicate. Acest izolant are o stabilitate apreciabilă a caracteristicilor dielectrice în funcţie de frecvenţă şi temperatură (într-o plajă mare de temperaturi de la −60 la 100°C). Temperatura de congelare este mai joasă decît −60°C, temperatura de autoaprindere este mai mare decît 145°C; rigiditatea dielectrică, 18 kV/mm; tg δ la 200°C, 30×10^{-4}, iar la 100°C, 8.10^{-4}; permitivitatea dielectrică relativă, 2,4–2,5; ρ_v la 20°C, 25.10^{-13} Ωcm. După cum se vede, caracteristicile dielectrice sînt ridicate şi mai ales stabilitatea dielectrică este foarte bună.

Elastomerii siliconici sînt prezentaţi în cel de-al şaptelea capitol. Cauciucurile siliconice se folosesc, în primul rînd, la izolaţia cablurilor şi conductoarelor electrice. Este interesant că aceste cauciucuri pot fi folosite în domeniul temperaturilor joase, chiar şi sub −30°C, neobservîndu-se diminuarea caracteristicilor dielectrice şi, în special, a elasticităţii. Totodată, conductibilitatea termică este mai ridicată decît la cauciucurile naturale, respectiv $4,6–7,2 \times 10^{-4}$ cal/cm·s/grad. Datorită variaţiei foarte mici a lui ε şi tg δ în funcţie de frecvenţă (gama 60 — 10^6 Hz), cauciucul siliconic are o largă întrebuinţare în tehnica frecvenţelor înalte.

Cauciucul siliconic combinat cu ţesătura de sticlă dă o izolaţie elastică, foarte indicată pentru schemele de izolaţie a maşinilor electrice care lucrează la temperaturi ridicate. Astfel de izolaţii se folosesc la maşinile electrice submersibile. Caracteristicile dielectrice ale unei astfel de benzi combinate sînt: ρ_v după menţinerea timp de 24 h într-un mediu cu un procent de 50% umiditate relativă, 10^{12}Ω cm; ρ_v după menţinerea timp de 96 h într-un mediu cu 96% umiditate relativă, 10^{10} Ωcm; rigiditatea dielectrică, 12 — 15 kV/mm.

Capitolul nouă se ocupă de răşinile, lacurile şi emailurile siliconice, iar capitolul zece, de materialele electroizolante pe bază de răşini şi lacuri siliconice. Cele mai importante materiale — ca performanţe dielectrice şi termomecanice — sînt cele pe bază de mică cu lianţi siliconici. Astfel sînt micanitele cu mare stabilitate termică, micanitele flexibile,

steclomicanita flexibilă și altele. Aceste materiale au caracteristicile dielectrice foarte bune.

Datorită adezivității lacurilor siliconice la țesăturile pe bază de sticlă, s-au creat materiale electroizolante omogene cu mare stabilitate termică și mai ales cu foarte mare rezistență la umiditate. Din studiile efectuate a reieșit că rezistența la umiditate a acestor materiale nu este mai mică decît a parafinei.

Materialele stratificate pe bază de rășini siliconice și țesături de sticlă — steclotextolit — au caracteristici termice și dielectrice ridicate. Aceste materiale sînt indicate, în special, la izolația transformatoarelor uscate și a întreruptoarelor.

Ultimul capitol este dedicat folosirii polimerilor siliconici. În primul rînd este vorba de folosirea izolației siliconice în construcția mașinilor electrice. Autorul trece în revistă principalele materiale pe bază de siliconi utilizate în schemele de izolație a mașinilor electrice (cu clase termice superioare).

Pentru transformatoarele uscate destinate a lucra în încăperi cu temperaturi ridicate se prezintă o schemă de izolație cu materiale siliconice. Sînt de menționat caracteristicile dielectrice ridicate ale acestei scheme de izolație la temperatura de 200°C. Tot în acest capitol se prezintă metoda hidrofibizării sticlei și a materialelor ceramice cu ajutorul peliculelor siliconice.

Lucrarea interesează atît pe inginerii din fabricile care produc materiale electroizolante, cît și pe constructorii de echipament electrotehnic.

Bibliografia este bogată și cu referiri nu numai la cărți sau articole, ci în special la patentele din ultimii ani. La studiul dielectric al materialelor siliconice, lucrarea abundă în diagrame de variație a principalelor caracteristici electrice, în funcție de parametrii fizici.

În cea de-a doua parte a cărții — folosirea materialelor izolante siliconice — considerăm că ilustrarea capitolelor putea fi îmbogățită cu schițele și fotografiile echipamentului electrotehnic cu izolație din materiale siliconice.

Trebuie de relevat prezentarea grafică și mai ales expunerea foarte clară a lucrării.

A. Bercu

CZ 621.372.2 : 537.313

G. Biorci, P. P. Civalleri și G. Fiorio. **Degenerare în rețele cu n ochiuri** (Degeneracy in n — Port Networks). În: Proc. I. Allerton conf. circuit system theory, Univ. Illinois, 15—17 noiembrie 1963, p. 537—561.

Problema realizării unei matrice G simetrică reală, de ordinul n, ca matrice a conductanțelor de scurtcircuit a n ochiuri rezistive, luînd ca bază o rețea cu mai mult de $n + 1$ noduri, este încă nerezolvată. După o sugestie apărută recent în literatură, autorii acestui articol, sesizînd că analiza rețelelor cu n ochiuri nu este așa de binecunoscută cînd este vorba de a ataca problema sintezei, au efectuat o largă investigație în acele proprietăți ale rețelelor cu o singură specie de element, care par a duce la scopul propus.

Sinteza unei matrice G cuprinde conceptual trei pași: alegerea structurii rețelei, alegerea a n ochiuri ale acesteia și calculul valorilor conductanțelor din laturile rețelei corespunzător elementelor matricei. O rețea cu n ochiuri se numește degenerată dacă și numai dacă există una sau mai multe funcțiuni ale cîtorva conductanțe (inductivități mutuale sau inductivități proprii) în interiorul ochiurilor, care să fie identic egale cu zero pentru orice valori posibile ale conductanțelor laturilor; cu alte cuvinte, o structură cu n ochiuri se numește degenerată dacă și numai dacă conductanțele sale sînt funcțional dependente.

Scopul acestei lucrări este de a prezenta rezultatele găsite de autori în domeniul degenerării rețelelor. După ce se definesc o serie de elemente de bază și se introduc o serie de proprietăți, se dau o serie de teoreme. În primul rînd se consideră problema degenerărilor liniare. Pentru aceasta se consideră o structură cu n ochiuri în care graful ochiurilor este compus din $p + 1$ părți separate, cu $p \neq 0$. O clasă limitată dar importantă de degenerări liniare este aceea pentru care ecuația de dependență între elementele matricei conductanțelor este:

$$\sum G_{ij} = 0.$$

În al doilea rînd se consideră ceea ce autorii denumesc degenerări neliniare în structuri cu n ochiuri și $p = 1$. Acestea se studiază în două cazuri distincte și anume: în cazul în care variabilele sînt liniar independente și în cazul în care ele sînt liniar dependente.

În concluzie, se poate spune că lucrarea își propune să dea o metodă simplă pentru a putea decide dacă o rețea cu n ochiuri este sau nu degenerată și reușește acest lucru. De asemenea, se dau metodele de a scrie ecuațiile de dependență funcțională între conductanțele ochiurilor, utilizînd rezultatul unor cercetări în topologia rețelelor. Problema degenerărilor liniare este complet rezolvată; pentru degenerările neliniare problema este parțial rezolvată, și anume numai pentru rețele cu n ochiuri și $n + 2$ noduri.

Lucrarea are un nivel teoretic ridicat; ea se adresează, în primul rînd, inginerilor electrotehnicieni, de telecomunicații sau energeticieni care lucrează în teoria rețelelor sau în calculul și proiectarea de sisteme energetice. Abordarea ei presupune cunoașterea cîtorva elemente de bază ale topologiei combinatorii și teoriei grafurilor.

Fl. Stănciulescu

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 338.40 : 621.3

Șiromiatnicov, I. A. **Cîteva probleme privind aplicarea metodelor statistice și probabilistice în energetică.** În: Elektricestvo, nr. 8, 1964, p. 45—47.

Se subliniază importanța stabilirii corecte a premiselor de calcul în comparația diferitelor variante ale calculului tehnico-economic în energetică: stabilirea parametrilor agregatelor care se instalează în centralele electrice, gradul de siguranță în alimentarea diferitelor consumatoare, alegerea rezervei de putere în sistem, interconexiunea diverselor sisteme, abaterea parametrilor de calitate față de valorile nominale, aprecierea tehnico-economică a introducerii tehnicii noi etc. La baza aplicării metodelor calculului variațional trebuie să stea situațiile statistice, înregistrate corect și prelucrate științific.

V.N.

CZ 621.3.015.14 : 537.527

Dmitriev, A. V. **Studiul descărcărilor în spațiul îngust, limitat de o parte sau de amîndouă părțile de dielectric.** (Issledovanie razriada v uzkoi polosti, ogranicennoi s odnoi ili obeih storon dielektrihom). În: I.T.F. Jurnal tehniceskoi fiziki, vol. **XXXIII**, nr. 9, 1963, p. 1 104.

Se reamintește că tensiunea la care se străpunge o zonă cu gaz cuprinsă între doi electrozi metalici este aceeași cu tensiunea de străpungere a unei bule cu gaz inclusă într-un dielectric solid limitat de doi electrozi metalici. De asemenea, fenomenele care se petrec într-o incluziune microscopică plină cu gaz la presiunea atmosferică, aflată într-un dielectric solid, sînt asemănătoare cu fenomenele care au loc într-o zonă cu gaz, plană sau cilindrică, limitată de armături metalice.

În experimentările efectuate, autorul a folosit un condensator plan, disc, cu o zonă uniformă umplută cu diverse gaze la presiunea atmosferică. Pentru interpretarea rezultatelor

experimentale s-a folosit metoda ciclogramelor, ajungîndu-se la concluzia că descărcările în zona cu gaz au loc la trecerea curentului prin maxim, deci înaintea maximului de tensiune, curentul fiind capacitiv. În fiecare semiperioadă a tensiunii aplicate se produce un pachet de impulsuri de descărcări. În intervalul de timp dintre două pachete de impulsuri nu se produce o scurgere de sarcini electrice prin dielectric (stratul de gaz).

M.A.

CZ 621. 313 *Mașini electrice*

CZ 621.313.048 : 621.315.617.3

Miakinin, E. G. **Regimul termic în procesul de compoundare a izolației mașinilor electrice** (Temperaturii regim protesa Kompoundirovaniia). În : Elektrotehnika **35**, nr. 12, 1964, p. 50—51, 2 fig.

Întrucît regimul termic este unul dintre factorii principali care influențează asupra calității izolației pe bază de bandă de mică, se studiază acest regim pentru mașinile electrice cu tensiunea de 6 kV.

În studiu se prezintă variația temperaturii — în procesul de compoundare — din : autoclava de impregnare și cazanul de amestec al materialului de compoundare. În aceste recipiente se măsoară temperaturile în straturile inferioare, de mijloc și superioare. Procesul de compoundare se compune din șase faze : uscarea în regim atmosferic, prima uscare sub vid, încălzirea, cea de-a doua uscare sub vid, introducerea materialului de compoundare și calibrarea sub presiune. Din experimentări rezultă timpul optim de încălzire — la presiunea atmosferică și la temperatura de 160—165°C — de circa 6 h. Se constată că variația temperaturilor în interiorul autoclavei este în mod practic neglijabilă. Uscarea sub vid nu scade temperatura din interiorul autoclavei de compoundare, de unde reiese posibilitatea eliminării încălzirii prealabile timp de o oră.

A.B.

CZ 621.313.20 : 621.34 : 669

Kurocikin, M. N. **Mașini mai noi de curent continuu pentru acționări metalurgice.** În : Electricestvo, nr. 8, 1964, p. 53—57.

Sînt arătate caracteristicile tehnice și constructive ale seriilor de mașini de curent continuu, gabaritele II 12—17 și 18—26 elaborate pe baza experienței acumulate din exploatare și producție, cu aplicarea unor construcții unificate de subansambluri, detalii, utilaj etc. Sînt scoase în evidență avantajele acestor mașini din punctul de vedere atît al performanțelor tehnico-economice, cît și al siguranței în exploatare.

V.N.

CZ 621.313.223.004.12

Iampolskii, D. S. ș. a. **Determinarea experimentală a constantelor de timp ale motoarelor de curent continuu cu excitație independentă.** În : Elektricestvo, nr. 9, 1964, p. 65—71.

Se expune metodica pentru determinarea experimentală a constantelor de timp ale motoarelor de c.c. cu excitație independentă, luîndu-se în considerare parametrii schemei de alimentare și momentul de inerție a mecanismului.

Se apreciază că metoda oscilografierii curentului la o creștere rapidă a tensiunii este de preferat.

Aceeași metodică poate fi folosită pentru verificarea diferitelor formule analitice pentru calculul inductivității indusului și al influenței fluxului inductor asupra acestei inductivități.

V.N.

CZ 621.313.333.042.3 : 621.313.013.3

Carrer, A. **Inclinarea crestăturilor mașinilor de inducție. Urmările magnetice** (Inclinazione delle scanalature nelle macchine a induzione. Consegnenze magnetiche). In : Atti Acc. Sci. — Torino, **XCVIII** —1, 5, 1963—1964, p. 593—612.

Din ansamblul aspectelor înclinării crestăturilor la mașinile de inducție și al urmărilor atît de importante, autorul reține numai o singură consecință importantă, care „nu pare să fi fost încă semnalată", și anume : o distribuție particulară a inducției magnetice rezultante în circuitul magnetic al mașinii, distribuție care variază de la o secțiune transversală prin mașină, la alta. Se dau indicații asupra procedeului de calcul care poate fi urmat pentru a ține seamă de aceste diferențe. Pentru confirmarea considerațiilor teoretice se redau experimentările făcute. S-au așezat în interiorul unei mașini de inducție șase spire-sondă, astfel încît să acopere complet un pas polar. S-au făcut citiri pentru zece alunecări diferite și în ambele sensuri de rotire. Rezultatele sînt consemnate în două tabele. Se dau, de asemenea, oscilogramele ridicate și poligoanele tensiunilor obținute. Se conclude că, la calcularea unei mașini de inducție, trebuie să se țină seamă de consecințele magnetice ale înclinării crestăturilor, pentru a prevedea în mod corect condițiile de saturație a diferitelor părți ale circuitului magnetic.

H.A.

CZ 621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.314.2.015.14 : 621.317.351

Rainer, Th. **Măsurarea descărcărilor parțiale la transformatoare** (Koronamessungen an Transformatoren). În : Siemens Z. **38**, nr. 7, 1964, p. 541.

Analizînd fenomenul fizic, autorul arată că o cavitate cu aer la presiunea de 760 torr conținută într-un izolant care are o grosime pe direcția cîmpului electric de 7,5 μm se străpunge la apariția, pe pereții opuși ai cavității, a diferenței de potențial de 300 V.

Sarcina electrică aparentă care intervine la descărcările parțiale din gazul inclus în uleiul transformatorului este proporțională cu gazul care se degajă din ulei. Se menționează că încă nu s-au putut stabili relații între mărimile care caracterizează fenomenul de descărcări parțiale și durata de viață a izolantului. Mult mai periculoasă pentru viața izolantului decît descărcările de amplitudine mică, dar numeroase, sînt descărcările de amplitudine mare însă rare, a căror prezență indică existența cavităților mai dezvoltate ce se pot transforma în canale de străpungere.

Folosind un circuit de măsură compus dintr-o capacitate de 1 000 pF și rezistența de măsură $R = 60\ \Omega$ s-a observat că o singură cavitate poate să producă 300 descărcări parțiale într-o semiperioadă, iar amplitudinea impulsurilor produse de cavități de diferite dimensiuni variază între 1 mV și 100 V. În continuare sînt discutate aparatele de măsură cele mai potrivite pentru o măsurare corectă a fenomenului de descărcări parțiale în izolația transformatoarelor, ținînd seamă de aspectul spectrului de frecvență al semnalului corespunzător. Se insistă asupra aparatelor de măsurat în bandă largă, care pentru transformatoare trebuie să aibă banda de trecere de la 30 kHz pînă la 3 MHz și gama de amplitudini măsurate de 60 dB.

M.A.

CZ. 621.314.2.015.14 : 537.527

Leuzinger, S. și Moreau, J. L. **Măsurarea intensității descărcărilor parțiale în transformatoare** (La mesure de l'intensité des décharges partielles dans les transformateurs). În : Rev. gén. Électr., **47**, nr. 4, 1963, p. 292.

Este descris măsurătorul de descărcări parțiale tip 472 construit de L.C.I.E. Acest aparat are trei canale de măsură pentru : măsurarea mediei pătratice a semnalului într-o bandă pătratică de 3 kHz, situată în jurul frecvenței de acord de 472 kHz ; vizualizarea și măsurarea amplitudinii impulsurilor de descărcări parțiale pe ecranul unui tub catodic ; selectarea impulsurilor după amplitudine între două niveluri reglabile și măsurarea lor.

Se dau schema-bloc și detalii asupra circuitelor folosite. Circuitul de intrare cuprinde un atenuator de 50—90 dB și un preamplificator cu bandă de trecere de 2 kHz — 2 MHz și are coeficientul de amplificare 25. Canalul pentru măsurarea mediei pătratice a semnalului cuprinde un amplificator acordat pe 472 kHz cu cîștigul de 10^5. Gama dinamică a amplificatorului este de 40 dB, realizată cu ajutorul unui sistem de C.A.A., amplificatorul fiind construit cu tuburi cu pantă variabilă. Detectorul pătratic este urmat de un etaj simetric de amplificare a tensiunii continue cu cîștigul 10. Canalul de bandă largă cuprinde un atenuator de 0—21 dB, un amplifi-

cator cu banda de trecere de 40—600 kHz, un numărător de impulsuri cu capacitatea de numărare 100 imp./s. Canalul de vizualizare poate lucra cu baleiaj eliptic, liniar relaxat şi liniar declanşat. Etalonarea tuturor canalelor de măsură se face cu ajutorul unor impulsuri dreptunghiulare cu frecvenţa de repetiţie 50, 1 000, 5 000 Hz, aplicate obiectului de studiat, la care este conectat aparatul printr-un circuit de măsură.

A.M.

CZ 621.315.1 *Linii de transmisie*

CZ 621.315.1.051.2 : 621.319.4.018.12

Iakub, A. V. **Instalaţie de compensare longitudinală pentru 500 kV cu condensatoare serie** (Ustanovki predolnai emkostnoi kempensaţii 500 kV). În culegerea „Transmisii de energie la mare distanţă". Moscova, Editura energhiia, 1964, p. 290—299.

Pentru compensarea căderilor de tensiune inductive se montează în serie instalaţii de condensatoare cu elemente special construite.

În U.R.S.S., pe o linie de transport de energie de 500 kV, s-a montat o astfel de instalaţie cu puterea totală de 486 MVAr. S-au folosit unităţi de condensatoare special construite pentru acest scop, şi anume cu puterea unitară de 50 kVAr şi tensiunea nominală de 0,6 kV şi reactanţa capacitativă de 7,2 Ω.

Date fiind condiţiile severe de lucru, încercarea acestor unităţi este mai grea decît a condensatoarelor de forţă obişnuite (pentru montajul în derivaţie).

Încercarea dielectricului între borne se face la tensiunea de 4,2 kV curent continuu, iar încercarea izolaţiei dintre pachet şi cuvă, la tensiunea de 20 kV în curent alternativ. Pentru mărirea caracteristicilor dielectrice, condensatorul lucrează sub o presiune de 0,5 at.

Rezultatele din exploatare au arătat că după patru ani de funcţionare au fost avariate 165 de condensatoare din totalul de 9 720 bucăţi, adică 1,7%. Cauza principală a acestor avarieri a fost lipsa etanşeităţii cuvelor respective, care a dus la scăderea presiunii şi, în consecinţă la scurgerea uleiului. În special, la etanşarea izolatoarelor faţă de cuvă s-au observat deficienţele de mai sus şi de aceea se preconizează montarea izolatoarelor de capac prin lipirea cu ajutorul condensatoarelor metalizate.

A.B.

CZ 621.315.61 *Izolanţi*

CZ 621.315.613.1 : 621.393.3.048

Rembold, H. **Noi materiale izolante cu hîrtie de mică pentru izolarea bobinelor şi barelor maşinilor electrice** (Neue Isoliermaterialen mit Glimmerpapier zur Spulen und Stabisolation von elektrischen Maschinen). In: Bull. ASE **55**, nr. 20, 1964, p. 1 020—1 030, 10 fig., 4 tab., 11 ref. bibl.

Pentru izolaţia maşinilor electrice de puteri mijlocii şi mari se folosesc în ultima vreme scheme noi de izolaţie de tipul termolastic. În esenţă, aceste scheme se compun din materiale pe bază de hîrtie de mică pe suport de hîrtie sau de ţesătură de sticlă, şi impregnate în răşini sintetice termorigide. În special, se folosesc răşini epoxidice care, pe lîngă calităţile lor dielectrice ridicate, sînt compatibile cu majoritatea materialelor electroizolante. În lucrare se prezintă produsele firmei „Micafil" din Elveţia, cu denumirile de Romica şi Romicafil.

Aceste două produse sînt pe bază de hîrtie de mică pe suport de ţesătură de sticlă, însă primul nu este impregnat cu răşini sintetice, pe cîtă vreme cel de-al doilea este gata impregnat. Tehnologia folosirii primului produs constă în înfăşurarea barelor, impregnarea în vid, presarea şi întărirea la cald. Pentru cel de-al doilea produs sînt necesare numai presarea la cald şi întărirea lui ulterioară. Trebuie remarcat totuşi că cel de-al doilea produs este recomandat numai pentru maşinile de joasă şi medie tensiune, respectiv pînă la 6 kV, pe cînd primul produs este indicat pentru maşinile de puteri şi tensiuni mari, respectiv pentru turbo şi hidrogeneratoare.

A.B.

CZ 621.315.614.1 : 621.319.4

Renne, V. T. şi Soia, G. F. **Studiul stabilităţii termice a hîrtiei de condensator** (Issledovanie nagrevosteikosti kondensatornoi bumaghi). In: Elektricestvo **64**, nr. 9, 1964, p. 76—80, 6 fig., 5 ref. bibl.

Limita superioară a temperaturii de funcţionare pentru condensatoarele cu hîrtie este în continuă creştere. Astfel, condensatoarele destinate îmbunătăţirii factorului de putere, construite pentru regiunile tropicale, au temperatura maximă din interiorul cuvei la circa 100°C. La condensatoarele cu volume relativ mici, folosite în radiotehnică şi electronică, limita maximă a temperaturii ajunge pînă la 125°C, iar pentru unele condensatoare de dimensiuni foarte mici această limită creşte pînă la 150°C.

Pentru studiul stabilităţii termice a hîrtiei de condensator se propune o nouă metodă care constă în măsurarea rezistenţei mecanice la poansonare în funcţie de durata încălzirii la diferite temperaturi. În acest sens se prezintă aparatul necesar acestor verificări.

Rezultatele obţinute arată că examinarea variaţiei rezistenţei la străpungere în funcţie de timpul de încălzire la temperatura de 175°C nu permite să se stabilească deosebiri în comportare, a diferitelor calităţi de hîrtie de condensator, chiar şi la utilizarea materiei prime celuloză sulfat din lemn. Rezistenţa la încălzire a hîrtiei se poate face, funcţie de timpul de încălzire, între limitele corespunzătoare (20—25 h).

A.B.

CZ 621.317 *Măsurări electrice*

CZ 621.317.333 : 621.313.048.001.4

Korolev, V. N. **Incercarea izolaţiei maşinilor de înaltă tensiune** (Ispitaniia izolaţii maşin viskovo napriajeniia). In: Elektrotehnika **35**, nr. 12, 1964, p. 29—31, 3 fig., 8 ref. bibl.

Se analizează problema încercării izolaţiei principale a bobinajelor maşinilor electrice la tensiune continuă, întrucît unele fenomene de comutaţie dau naştere la supratensiuni în curent continuu. Autorul propune introducerea acestei încercări la fabricile constructoare de maşini electrice din U.R.S.S. În acest caz este necesară punerea la punct a tehnologiei acoperirii, cu lacuri semiconductoare, a izolaţiei bobinajelor. Faţă de tensiunea de încercare în curent alternativ, tensiunea respectivă în curent continuu se apreciază a fi de circa 1,8 ori mai mare. Această încercare în curent continuu trebuie făcută înainte de procesul de montare a bobinajelor în crestături, pentru uşurinţa remedierii izolaţiei. Şi încercarea izolaţiei dintre spire este considerată ca o încercare profilactică.

Pentru maşinile cu tensiunea nominală de 6 kV, această izolaţie trebuie să suporte tensiunea de încercare de 550 V, iar cele cu tensiunea nominală de 10 kV vor fi încercate la 1 250 V. Se apreciază că aceste încercări vor mări siguranţa în exploatare a maşinilor electrice respective.

A.B.

CZ 621.317.351 : 621.396.029.6

Pereverzev, L. A. **Normarea răspunsului la impulsuri al măsurătoarelor de zgomot radioelectric** (Normirovanie impulsnoi harakteristiki izmeritelei radiopomeh). In: Izmeritelnaia tehnica, nr. 9, 1964, p. 46.

Se fac cîteva observaţii în legătură cu documentul „Specification for CISPR radio interference measuring apparatur for the frequency range 0,15 — 30 MHz, Publicaţia 1, 1961". Se propune ca etalonarea cu impulsuri a măsurătorului de zgomot radioelectric să se facă atît cu impulsuri de suprafaţă 0,316 μVs şi frecvenţa de repetiţie 100 Hz (recomandat de CISPR), cît şi cu impulsuri de suprafaţă, 0,158 μVs sau 0,1 μVs, avînd aceeaşi frecvenţă de repetiţie, 100 Hz. Valoarea eficace a semnalului sinusoidal nemodulat echivalent va fi corespunzătoare 1mV şi 0,633 mV. Se subliniază că indicarea suprafeţei impulsului este insuficientă pentru efectuarea unei etalonări corecte, fiind necesară precizarea densităţii spectrale a spectrului de frecvenţă a impulsurilor de calibrare în banda de trecere a aparatului. Amplitudinea răspunsului unui receptor de impulsuri poate fi apreciată, aproximativ, cu ajutorul benzii integrale de trecere, deoarece caracteristica de fază nu este liniară.

M.A.

CZ 621.319.4 ***Condensatoare***

CZ 621.319.4 : 621.315.614.64

Wenzel, K. **Caracteristicile şi folosirea condensatoarelor impregnate cu materiale dielectrice clorurate pentru îmbunătăţirea factorului de putere** (Eigenschaften und Anwendung des Askarelkondensators als Starkstromkondensator zur Verbesserung des heistungs faktors). In: Elektrotechnik und Maschinenbau **81**, nr. 4, 1964, p. 77—79, 6 ref. bibl.

Dată fiind dezvoltarea impetuoasă a electroenergeticii în lume, au trebuit să ţină pasul şi mijloacele de compensare a energiei reactive. Unul dintre cele mai eficiente mijloace este folosirea condensatoarelor de forţă. Construcţiile condensatoarelor au cunoscut mari progrese în ultima vreme, în special, la indicii tehnico-economici de greutăţi şi volume specifice. Iniţial au fost construcţiile cu hîrtie şi folio-aluminiu impregnate în uleiuri minerale, apoi aceeaşi construcţie însă impregnată în dielectrici lichizi sintetici de tip Askarel şi, în sfîrşit, construcţia cu hîrtie metalizată, impregnată în uleiuri minerale modificate. La ora actuală se folosesc toate aceste trei tipuri de construcţie, însă tendinţa principală se îndreaptă spre condensatoarele cu hîrtie folio-aluminiu şi impregnate în materiale sintetice clorurate.

În articol se prezintă sisteme constructive şi se insistă asupra condiţiilor de transmisie a căldurii. La fel se analizează materiile prime folosite la cele trei tipuri constructive, insistîndu-se asupra materialelor clorurate de impregnare, respectiv de tipul clophen. Aceste materiale clorurate sînt diferenţiate, în special, după temperatura de congelare.

A.B.

CRONICĂ

CZ 061.3 : 620.92 : 621.31 (498)

Sesiunea de comunicări a Institutului de energetică al Academiei R.P.R.

În zilele de 25—27 martie 1965, s-a desfăşurat sesiunea „tradiţională", de primăvară, a Institutului. La şedinţa de deschidere, tov. acad. I. S. Gheorghiu, care a prezidat, a cerut păstrarea cîtorva minute de reculegere în memoria celui mai iubit fiu al poporului nostru, tovarăşul Gheorghe Gheorghiu-Dej. Trecînd apoi la ordinea de zi, a deschis lucrările sesiunii de comunicări printr-o scurtă cuvîntare.

Tov. acad. Remus Răduleţ, directorul institutului, a înfăţişat principalele realizări din anul 1964, obţinute de colectivele de cercetători. Temele din planul de cercetări s-au referit la probleme importante pentru economia şi tehnica energetică din ţara noastră în această epocă de avînt pentru desăvîrşirea construcţiei socialismului. S-au atins rezultate importante, care s-au concretizat în 53 de lucrări de cercetare încheiate, 90 de articole ştiinţifice publicate în reviste din ţară şi străinătate, două monografii şi două lucrări de disertaţie. La sesiunile din ţară şi străinătate s-au prezentat 44 de comunicări ştiinţifice. Lucrările principale au privit, în general, aplicarea calculatoarelor electronice la probleme de energetică generală, electrotehnică şi termotehnică, de exemplu, la optimizarea bilanţului energetic, a structurii sistemului energetic, a calculelor de reţele prin aplicarea analizei nodale dezvoltate de P. Dimo, contribuţii la teoria sistemelor automate neliniare (V. M. Popov), la teoria mărimilor parametrice (M. Marinescu).

S-au cercetat posibilităţile de utilizare a centralelor atomoelectrice. Institutul a fost prezent la numeroase manifestări internaţionale prin lucrări sau prin alegerea unor membri în organizaţii internaţionale. Astfel, se ştie că tov. acad. Remus Răduleţ a fost ales în anul 1964 preşedinte al celui mai înalt for electrotehnic din lume: Comisia electrotehnică internaţională. S-au prezentat comunicări la Conferinţa mondială a energiei: W.P.C., la sesiunea Conferinţei internaţionale a marilor reţele electrice CIGRÉ şi s-a contribuit la rezolvarea a şase teme CAER, dintre care una a fost coordonată de institut.

S-a organizat în anul trecut o sesiune ştiinţifică la care s-au prezentat 25 de comunicări.

Baza materială a institutului s-a lărgit, între altele, prin punerea în funcţiune a calculatorului analogic MECAN II, mult perfecţionat, care a permis modelarea unei serii întregi de fenomene energetice complicate, s-au modernizat instalaţiile laboratoarelor de studiu al combustibililor şi al motoarelor cu ardere internă.

A urmat expunerea celor 27 comunicări ştiinţifice din care prezentăm numai pe acelea care intră în tematica revistei noastre.

E. Arie, M. Pomîrleanu: Căi de evaluare a performanţelor reglajului automat frecvenţă-putere în sisteme electroenergetice

Pentru a condensa într-un interval scurt principalele caracteristici statistice ale variaţiilor de sarcină în studiul analogic al sistemelor de reglaj frecvenţă-putere, s-a elaborat o metodă de deducere şi modelare a unor perturbaţii echivalente variaţiilor reale ale sarcinilor, bazată pe folosirea unor criterii statistice de echivalare. Această metodă permite folosirea aceluiaşi model liniar sau neliniar pentru perturbaţii de tip treaptă şi statistice. Pe baza unui studiu analogic comparativ, se propune un criteriu integral de calitate a reglajului, care reflectă atît performanţele sistemului de reglaj automat, cît şi eforturile impuse centralelor reglante. Totodată se propune un criteriu similar pentru optimizarea în exploatare a performanţelor instalaţiilor de automatizare a reglajului frecvenţei şi puterii de schimb.

M. Pomîrleanu, E. Arie, H. Cristea, E. Comănescu: Optimizarea reglajului automat frecvenţă-putere al unui sistem electroenergetic complex, ţinînd seamă de neliniarităţi şi de caracteristicile reale ale perturbaţiilor. Cu ajutorul calculatorului analogic MECAN-II s-au analizat efectele perturbaţiilor statistice şi ale perturbaţiilor rezultate în urma deconectării unor centre de producţie sau consum asupra unui sistem complex format prin interconectarea a două sisteme energetice de puteri mult diferite, conţinînd centrale termoelectrice şi hidroelectrice, supuse acţiunii unor sisteme neliniare de reglare automată a vitezei, frecvenţei şi puterilor. S-au analizat influenţele parametrilor sistemului de reglaj secundar (factorul de echivalenţă frecvenţă-putere de schimb, panta reglajului secundar, coeficientul acţiunii proporţionale a ordinului de reglaj, praguri de desensibilizare etc.) asupra calităţii reglajului şi s-au optimizat performanţele acestui sistem de reglaj selecţionîndu-se valorile optime pe baza unor noi criterii de calitate.

V. M. Popov, membru corespondent al Academiei R.P.R.: Proprietăţi de stabilitate şi de optimitate ale unei clase de sisteme automate.

Se studiază o clasă generală de sisteme automate care conţin o parte liniară şi mai multe elemente neliniare şi pentru care este definită o integrală asociată, putînd reprezenta, de exemplu, un indice de performanţă pentru evoluţia sistemului. Pe baza unui studiu algebric preliminar al sistemelor considerate, se tratează unitar două probleme distincte: problema hiperstabilităţii, — în sensul introdus anterior de autor, — şi problema determinării sistemului optim, prin minimizarea integralei unei forme pătratice de variabilele sistemului. Se generalizează astfel, atît rezultatele obţinute anterior de autor în problema hiperstabilităţii, cît şi anumite rezultate recente aparţinînd lui V. A. Iacubovici şi R. E. Kalman. Rezultatele obţinute aduc elemente noi şi după particularizarea lor la cazul, bine studiat în literatură, al sistemelor cu o singură neliniaritate.

P. Dimo, membru corespondent al Academiei R.P.R.: Metoda iteraţiei curenţilor de scurtcircuit.

În „analiza nodală" s-a utilizat pînă în prezent o metodă oarecare de calcul pentru determinarea regimului iniţial, apoi, plecînd de la acest regim cunoscut, printr-un calcul de curenţi de scurtcircuit s-au dedus schemele „REI" şi „ima-

ginile nodale". Se arată o cale de tip nou, în care același calcul conduce, atît la determinarea regimului, cît și la obținerea mărimilor necesare schemelor „REI" și „imaginilor nodale".

M. Marinescu, membru corespondent al Academiei R P.R., Despre teoria acțiunilor electrice cu oscilomotor:

Se descrie principiul de funcționare al noului tip de oscilomotor parametric cu dublă redresare a curentului. Se analizează proprietățile acționării unei sarcini rezistive (pompă de injecție) cu un asemenea oscilomotor.

Se pun în evidență două regimuri de funcționare pe o asemenea sarcină, și anume: o funcționare cînd cursa armăturii libere poate varia și un regim cînd cursa este limitată între opritori la capete.

Se stabilesc relațiile de rezonanță electromecanică în ambele cazuri care diferă prin valoarea unui parametru stabilit pe cale analitică în funcție de constanta de timp a armăturii mobile. Se dau, sub formă de unde, variația parametrului caracteristic în funcție de constanta de timp.

C. V. Bălă: Încălzirea rotorului masiv la pornirea în asincron a mașinilor de curent alternativ cu cuplul electromagnetic constant.

Se prezintă o metodă analitică de rezolvare a ecuației încălzirii rotorului masiv al mașinilor de curent alternativ la punerea în asincron, în ipoteza că turația este proporțională cu timpul (prin urmare cuplul electromagnetic este constant), considerîndu-se în mod explicit dependența adîncimii de pătrundere de frecvența cîmpului magnetic din rotor.

Pentru rezolvarea ecuației difuziei căldurii s-a aplicat metoda transformării Carson, stabilindu-se totodată o nouă teoremă mai generală decît teorema produsului de compoziție. Soluția a fost calculată numeric pentru a putea fi aplicată la proiectarea motoarelor asincrone și sincrone cu rotorul masiv.

C. V. Bălă, S. St. Ghețaru: Cîmpul magnetic alternativ tangențial în mediul feromagnetic.

În lucrare se studiază cîmpul magnetic alternativ, densitatea de curent și pierderile în mediul feromagnetic semiinfinit, avînd caracteristica de magnetizare foarte apropiată de cea reală și neglijînd fenomenul de histerezis; s-a presupus că, la suprafața miezului, cîmpul magnetic are numai o componență tangențială. Ecuațiile cu derivate parțiale ale cîmpului electromagnetic și ecuația difuziei căldurii sînt substituite prin ecuații diferențiale cu diferențe finite, stabilindu-se totodată condițiile de modelare analogică pentru ca erorile să rămînă încă în limite acceptabile. La rezolvarea ecuațiilor echivalente s-a utilizat calculatorul analogic neliniar de la Institutul de energetică. S-au calculat prin aceeași metodă cîmpul densității de curent și cîmpul de pierderi prin curenți turbionari în miezul feromagnetic cu o caracteristică de magnetizare de pantă în origine diferită, panta caracteristicii de magnetizare proprie a miezului așa cum apare de obicei la mașinile electrice.

Acad. *A. Avramescu, G. Drăgan, I. Adămuț, Mircea Petcu, E. Gîrleșteanu, N. Tătaru, N. Damian, T. Ioniță*: Supra tensiuni interne la deconectarea în gol a circuitelor capacitive și inductive studiate cu ajutorul calculatoarelor de tip analogc și cifric.

Din supratensiunile interne prezintă importanță supratensiunile ce apar la deconectarea circuitelor inductive sau capacitive. Deoarece fenomenul apariției acestor supratensiuni este complex, fiind funcție de o serie de parametri și, în primul rînd, de caracteristica întreruptorului, determinarea analitică a acestor supratensiuni este practic imposibilă. De aceea, în practica mondială studiul supratensiunilor s-a axat pe încercări în sisteme și pe modele fizice. Pentru a analiza posibilitatea utilizării calculatoarelor cifrice la studiul supratensiunilor ce apar la deconectarea liniilor în gol s-au determinat relațiile analitice pentru o schemă de calcul mai completă decît cea menționată în literatura de specialitate. Se prezintă formule, algoritmul de calcul, precum și schema logică a programului pentru cazul reaprinderilor repetate ale arcului electric. S-a introdus în mod avantajos și o altă metodă, și anume metoda modelării analogice pe calculatorul electronic MECAN—II. Se prezintă descrierea fenomenelor ce apar la deconectarea circuitelor cu capacitate și inductanță. Se dă apoi programarea ecuațiilor cînd se ține seamă de caracteristica întreruptoarelor și de rezistența de șuntare-soluționare cu ajutorul calculatorului electronic analogic MECAN—II — și particularitățile caracteristice acestui gen de probleme.

Comunicările au fost urmate de discuții, ceea ce a permis participanților din afara institutului să ceară lămuriri și să facă observații privind lucrările prezentate.

S-a constatat, în concluzie, că institutul se axează tot mai mult pe rezolvarea problemelor științifice fundamentale, care interesează îndeaproape energetica țării noastre.

Acad. *A. Avramescu*

Prof. Dragomir Hurmuzescu

100 ani de la naștere

CZ 092: 538: 621.3 Hurmuzescu

În ziua de 13 martie s-au împlinit 100 de ani de la nașterea profesorului Dragomir Hurmuzescu, om de știință cu renume mondial, gînditor profund, dascăl iubit, luptător pentru creșterea noilor generații de electricieni. Personalitate complexă, polivalentă, mare inițiator și animator de lucrări științifice, pedagog și organizator excepțional, el s-a făcut cunoscut peste hotare, ceea ce explică recomandarea UNESCO de a fi sărbătorit în acest an ca personalitate eminentă a științei și culturii universale.

Obținînd după terminarea Facultății de științe la Universitatea din București o bursă pentru străinătate, urmează cursuri de perfecționare la Facultatea de științe la Sorbona cu profesorii Gabriel Lipmann, Bauty Friedel, la Collège de France cu profesorul Mascart. Ca unul care și-a dat seama de importanța matematicii în studiul naturii a urmărit cu pasiune cursul ținut de Henri Poincaré și, împreună cu un coleg al său, a editat acest curs după notele luate.

Dotat cu o inteligență ascuțită și în posesia unei forțe de muncă deosebite s-a remarcat în concurență cu tinerii fizicieni francezi, dînd soluții originale unor probleme de laborator și publicînd primele lucrări de cercetare științifică în capitala Franței. După luarea licenței în fizică la Sorbona, în 1890, în fruntea unei serii numeroase de candidați, rămîne „atașat" la catedra de fizică a profesorului Gabriel Lipmann, spre a-și da doctoratul. El se distinge aici categoric ca un experimentator iscusit și inventiv, ceea ce rezultă din numeroasele lucrări publicate, în C.R. Acad. Sci. Paris și în Bul. Soc. Franç. Physique în domeniul opticii, electricității și magnetismului. Între acestea, un loc de frunte îl ocupă electroscopul cu precizie reglabilă de construcție originală, cu întrebuințarea unui dielectric deosebit de bun, care a fost în continuare folosit de H. Becquerel și de soții Curie la măsurarea ionizării produse de materialele radioactive și care a contribuit implicit la experiențele pentru descoperirea epocală a radioactivității și la izolarea radiului. Cu același instrument de largi posibilități, D. Hurmuzescu a reușit, împreună cu L. Benoist, să pună în evidență proprietatea razelor catodice de a descărca corpuri în prealabil electrizate. Disertația de doctor în științe, susținută la Sorbona „summa cum laude", s-a referit la raportul dintre unitatea electromagnetică și electrostatică a sarcinii electrice despre care nu se știa de ce este egal cu viteza luminii în vid. Astfel perioada de perfecționare la Paris a prilejuit concomitent o consacrare pe plan internațional. Ca mulțor alți romîni care au înregistrat succese remarcabile peste hotare, întoarcerea în țară pentru a împărtăși cele învățate și a contribui la ridicarea calificării tinerelor generații de fizicieni și electricieni a însemnat, dacă nu o întrerupere, atunci

cel puţin o reducere a activităţii ştiinţifice creatoare. Dar Hurmuzescu, ca atiţia alţii, nu a pregetat de a renunţa la glorii personale spre a-şi ajuta neamul să se ridice din înapoiere şi întuneric.

Activitatea lui în învăţămîntul universitar, la început (1894) în calitate de conferenţiar, apoi (de la 1900) de profesor de fizică (căldură şi electricitate) la Facultatea de ştiinţe a Universităţii din Iaşi, s-a dublat de o activitate intensă în învăţămîntul mediu, ca profesor de fizică, şi o activitate de popularizare a progreselor ştiinţei. A pus bazele laboratoarelor de fizică ale acestui liceu şi apoi ale celui al Facultăţii de ştiinţe, mutat pe acea vreme în noul palat al Universităţii din Iaşi.

Prezenţa sa în corpul profesoral dinamizează întreaga Universitate prin iniţiative constructive şi prin o activitate de organizare neobosită. Sub îndemnul său se înfiinţează Societatea de Ştiinţe şi se editează Analele ştiinţifice ale Universităţii din Iaşi. Cu aparatura mult mai redusă pe care a reuşit să o achiziţioneze, respectiv să o construiască în laboratoarele sale, a reuşit să elaboreze o serie de lucrări ştiinţifice de seamă, studiind fenomene electromagnetice, razele catodice etc. Urmărind radioactivitatea petrolului romînesc şi a apelor noastre minerale, s-a orientat spre lucrări aplicative, care puteau să aibă o importanţă în industrie şi economie, pe acele vremuri foarte rare şi neluate în considerare. Astfel de măsurători au fost continuate de elevii săi şi reprezintă o bună tradiţie a laboratoarelor de fizică de la Iaşi.

Una dintre cele mai remarcabile iniţiative a fost înfiinţarea unei şcoli superioare de electricitate, pe lîngă Universitatea din Iaşi, la 10 noiembrie 1910, în luptă cu opoziţia dîrză a profesorilor călăuziţi de ideea ştiinţă pentru ştiinţă. Această şcoală devine în anul 1913 Institutul electrotehnic al Universităţii din Iaşi şi apoi peste 15 ani Politehnica „Gheorghe Asachi". Cu toată lipsa unor laboratoare de maşini bine utilate, sub conducerea profesorului Dragomir Hurmuzescu au crescut la Iaşi fizicieni şi electricieni remarcabili, ca acad. Ştefan Procopiu şi profesorul C. Bedreag, care au continuat bunele tradiţii ale profesorului, după ce acesta a fost transferat la aceeaşi catedră la Universitatea din Bucureşti, în anul 1913. Catedra se chema „Aplicaţiile căldurii şi electricităţii", subliniind importanţa orientării spre practică. Pe modelul institutului creat de el la Iaşi se înfiinţează, sub îmboldul lui, un „Institut electrotehnic" similar pe lîngă Universitatea din Bucureşti. Ar fi greu să reproducem aici luptele aprige ce au trebuit să fie duse, contra tradiţiilor Facultăţii de a se închide „în turnul de fildeş" al teoriei, de a creşte numai profesori şi contra pretenţiilor grupului de ingineri care au transformat Şcoala de poduri şi şosele în Politehnica din Bucureşti. Desigur că lipsa laboratoarelor de maşini şi aparate grele înclina balanţa în favoarea Politehnicii, totuşi, atît timp cît profesorul s-a ocupat personal de institutul creat de el, conducînd lucrările din ultimul an, instruirea studenţilor a fost completată, în mod avantajos, prin împletirea ştiinţei şi tehnicii, prin analiza unor probleme la limita între fizică şi electrotehnică, ce au devenit, cu cîteva decenii în urmă, cheia dezvoltării electrotehnicii. Am avut ocazia să examinez numeroase lucrări de diplomă conduse de profesorul Hurmuzescu şi trebuie să recunosc că ele erau axate pe probleme actuale, şi, pe atunci, de avangardă, contribuind la lărgirea orizontului şi ridicarea potenţialului heuristic al candidaţilor. În plus, în cursul anilor universitari el elimina elementele neserioase, oportuniste, reţinînd pe cele valoroase, care se afirmau prin virtuţi ştiinţifice. Astfel s-a întîmplat că mulţi dintre absolvenţi s-au distins şi au ajuns pe locuri de seamă în instituţii ştiinţifice sau industriale.

Dar şi în afara învăţămîntului, Dragomir Hurmuzescu a dus la Bucureşti, ca şi la Iaşi, o largă activitate. A ţinut numeroase conferinţe de răspîndire şi popularizare a progreselor ştiinţei şi a susţinut înfiinţarea şi propăşirea organizaţiilor ştiinţifice, cum au fost Societatea de fizică, Universitatea liberă, Academia de ştiinţe din Romînia.

Radiodifuziunea romînă a pornit, din iniţiativa lui, primele posturi de recepţie şi emisie, funcţionînd în laboratoarele Institutului electrotehnic. Ţara noastră a fost reprezentată cu cinste pe linie de radiodifuziune, adesea, de către dînsul la congrese internaţionale.

Nu mai prejos trebuie să preţuim activitatea sa pe tărîm social, care s-a manifestat în comisii instituite de ministere, în care contribuţia profesorului era de partea muncitorimii. Astfel, el a colaborat la redactarea Codului Muncii, mai ales în părţile care prevăd posibilităţi largi de şcolarizare şi întreţinere a ucenicilor, de organizarea unor cursuri serale, extraşcolare pentru muncitori etc. Prin aceasta el se opunea egoismului patronilor, luînd parte muncitorilor, acelor mulţi şi oropsiţi, dîndu-şi seama de importanţa capitală a instrucţiei acestei clase sociale pentru propăşirea economiei şi industriei.

Acad. *A. Avramescu*

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Acad. R.P.R.; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil; ing. V. BUNEA; ing. V. CIOFU; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU; ing. AL. GRECEANU; ing. ŞT. GROSU; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct; conf. ing. G. LAZARIDE; ing. A. POPA; prof. ing. CRISTINA POPESCU; ing. VL. POPOVICI; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET; ing. ST. ŢIGANETEA; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica, nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Intreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 1041.
Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/727/1965.

41 400

SOMMAIRE

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁRES DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

CD 621.313.32

Nicolaide, A. : **Le calcul des paramètres des amortisseurs massifs des machines synchrones à pôles apparents.**

Electrotehnica 13, no. 5, mai 1965, p. 165–173

On présente une nouvelle méthode, assez simple, pour le calcul de l'amortisseur massif des machines synchrones à pôles saillans. On tient compte des progrès réalisés en ce qui concerne l'étude des amortisseurs à cage pour les machines synchrones et l'étude de la propagation du champ électromagnétique dans les milieux férromagnétiques. On considère aussi le phénomène de saturation, en utilisant comme caractéristique de magnétisation une courbe parabolique. L'étude concerne la machine à rotor pourvue d'anneaux de connexion ; l'on indique ensuiteles modifications qui interviennent lorsqu'il s'agit du rotor sans d'anneaux de connexion. En comparant les résultats obtenus pour les paramètres par la méthode de calcul proposée avec les valeurs obtenues expérimentalement, on constate une concordance satisfaisante.

CD 621.313.333.2–573

Cotorogea, D. : **La vérification des conditions de démarrage automatique des moteurs électriques asynchrones en court-circuit.**

Electrotehnica 13, no. 5, mai 1965, p. 173–177

Après une présentation sommaire du problème du démarrage automatique, on établit une méthode de calcul qui permet de vérifier les conditions de démarrage automatique des moteurs électriques asynchrones en court-circuit, dans les centrales électriques et dans les entreprises industrielles, après une déconnexion accidentelle ; on indique en même temps des solutions en vue de l'amélioration des conditions de démarrage automatique pour les cas où ces conditions ne sont pas verifiées. L'article contient aussi un exemple de calcul numérique.

CD 621.3.066.6.004.6 : 621.3.015.5

Avramescu, A. et *Barbu, I.* : **Essais d'usure des contacts de contacteur.**

Electrotehnica 13, no. 5, mai 1965, p. 177–186

Les auteurs analysent les causes et la nature de l'usure des contacts électriques d'interruption à basse tension et déterminent par des expériences la variation de l'usure [mg] et la chute de tension en fonction du matériau, du courant et du nombre des connexions. On a essayé des contacts en Ag, en AgCd, en AgCu et en AgZn à des courants nominaux de 10, 25, 60 et 100 A, jusqu'à un million de connexions. On a constaté que l'usure croît avec le nombre des connexions pour le même matériau de contact ; pour les contacts en Cd, l'usure dépend du pourcentage du Cd et de l'intensité du courant, en présentant un minimum.

CD 621.316.923.2.027.2.001.4

Pesici, H. : **Séries spéciales de coupe-circuits de basse tension à grande capacité de rupture.**

Electrotehnica 13, no. 5, mai 1965, p. 186–191

On présente la réalisation de certains prototypes spéciaux de coupe-circuits, notamment à dimensions réduites, nécessaires pour les entreprises régionales distributrices d'énergie électrique et pour l'équipement de la locomotive Diesel-électrique. On expose d'une manière succincte le fonctionnement, les oscilogrammes obtenus à la suite des essais, ainsi que quelques détails de construction.

CD 621.315.554 : 621.317.39

Cedighian, S. : **Alliage thermocompensateur pour les vitessomètres.**

Electrotehnica 13, no. 5, mai 1965, p. 192–197

On décrit l'élaboration d'un alliage à base de chrome-nickel pour compenser les erreurs de température des aimants permanents, dans le domaine des températures positives et négatives. On présente les résultats des mesurements effectués sur des vitessomètres. En variant un peu la composition, le matériau peut être utilisé pour la compensation des erreurs des vitessomètres, des compteurs de tours, des compteurs électriques et des appareils de mesure.

COMPTES RENDUS 198–199

EXTRAITS 199–202

CHRONIE 202–203

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.3 ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ. 621.3.016.1.083 : 538.632 : 621.313.3

Pfeifer, G. şi *Krug, H.* **Măsurarea dinamică a cuplului la maşinile de curent alternativ cu ajutorul sondelor Hall.** Partea 1. In : Elektrie **18**, nr. 6, iun 1964, p. 163—165, 2 fig., 14 ref. bibl.

CZ 621.3.049.75 : 621.3.002.72

Beek, R. van şi *Halbmeyer, A. J.* **Mecanizarea totală a montării pieselor componente pe plăci, cu circuite imprimate.** In : Rev. Techn. Philips **24**, nr. 1—2, febr 1964, p. 1—17, 14 fig., 4 tabl.

CZ 621.313 MAŞINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ŞI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313.13.047 : 621.382.3

Favre, R. **Motoarele cu comutaţie electrică,**. In : STZ, nr. 22—23, 4 iun 1964, p. 465—467, 3 fig.

CZ 621.313.2.047

*** **Cercetarea şi reglarea comutaţiei unei maşini de curent continuu la variaţii rapide de sarcină.** In : Elektrotechn. OBZ **53**, nr. 7, iul 1964, p. 361—369, 10 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.313.323.012 : 621.316.717

Kirkin, B. I. şi *Lindorf, L. S.* **Determinarea caracteristicilor de pornire a motoarelor sincrone.** In : Elektricestvo **85**, nr. 6, iun 1964, p. 63—68, 7 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314

Kanngiesser, K. W. **Mutator pentru alimentarea maşinilor cu cîmp rotativ.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 21, 16 oct 1964, p. 673—681, 16 fig., 20 ref. bibl.

CZ 621.314 .21 : 621.311.42

*** **Un nou tip de transformator care permite reducerea cheltuielilor necesitate de capacitatea de rezervă.** In : Eletr. Rev. **175**, nr. 2, 10 iul 1964, p. 43.

CZ 621.314.21 : 621.317. 384.015.532

Thyen, T. **Măsurarea efectului Corona la transformatoare.** In : Siemens Z. **38**, nr. 7, iul 1964, p. 541—548, 3 fig., 1 tabl., 6 ref. bibl.

CZ 621 315 TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE. LINII AERIENE. CABLURI SUBTERANE. CONDUCTOARE. MATERIALE IZOLATE

CZ 621.315.145 : 620.193.918

Oehmichen, K. **Defecte prin îmbătrîniri la conductoare, cleme şi înnădiri.** In : Energietechnik **14**, nr. 6, iun 1964, p. 261—266, 7 fig., 3 tabl., 8 ref. bibl.

CZ 621.315.2 : 678.06

Herhahn, A. **Extinderea domeniului de aplicare a cablurilor prin folosirea materialelor sintetice.** In : Elektrotechn. **46**, nr. 18, 24 iun 1964, p. 335—338, 11 fig.

CZ 621.315.21

Holodnii, S. D. **Încălzirea şi răcirea cablurilor pozate în pămînt.** In : Elektricestvo **85**, nr. 6, iun 1964, p. 35—40, 5 fig., 10 ref. bibl.

CONTENTS

DC 621.313.32

Nicolaide, A.: **Calculating the parameters of the massive iron rotor of salient-pole synchronous machines.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965, p. 165–173

A new and comparatively easy method is suggested for calculating the massive iron rotor of salient-pole synchronous machines. Account has been taken of the progress achieved in studying the cage-type buffers of synchronous machines and the propagation of the electromagnetic field in ferromagnetic media. The saturation phenomenon is also considered and a parabolic curve is used as a magnetization characteristic. The study concerns the case of rotors designed with connection rings, but the modifications occurring in machines with no connection rings are also pointed out. A satisfactory agreement has been found between the parameter values obtained by the calculus method suggested and those obtained experimentally.

DC 621.313.333.2–573

Cotorogea, D.: **Checking the automatic start conditions of short-circuited asynchronous electric motors.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965, p. 173–177

After a brief presentation of the automatic start problem, a calculus method is established for checking the automatic start conditions of short-circuited asynchronous motors in power plants an industrial enterprises after an accidental disconnection. Some ways of improving the automatic start conditions where no checking is done are also pointed out. The method is illustrated by a numerical calculus example.

DC 621.3.066.6.004.6 : 621.3.015.5

Avramescu, A. and *Barbu, I.*: **Wear tests of contacts on contactors.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965, p. 177–186

The authors investigate the causes and nature of the wear of low tension interruption contacts and determine experimentally the variation of wear [mg] and tension drop as a function of the material, current and number of connections. Contacts made of Ag, AgCd, AgCu, AgZn were tested under nominal currents of 10, 25, 60 and 100 A, up to one million connections. The wear was found to increase almost linearly with the number of connections for the same material, and for contacts with various Cd additions was a function of the addition percentage and of current and presented a minimum for some of these values.

DC 621.316.923.2.027.001.4

Pesici, M.: **Special series of low tension cut-outs with high breaking capacity.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965, p. 186–191

Some informations is given concerning the achievement of some special prototypes, namely the small-sized cut-outs required by the regional electricity enterprises and cut-outs for Diesel electric locomotives. The way of working of these prototypes, the oscillograms resulted from the tests, as well as different functional and constructive features are briefly presented.

DC 621.315.554 : 621.317.39

Cedighian, S.: **A thermocompensating alloy for speedometers.**

Electrotehnica 13, nr. 5, mai 1965 , p. 192–197

The elaborating of an alloy based on chromium -nickel for compensating the temperature errors in permanent magnets in the field of positive and negative temperatures is described. The results of speedometer measurements are given. With small variations in the composition, the material may be used for compensating the errors in speedometers, rotation meters, electric meters and measuring devices.

REVIEWS 198–199

ABSTRACTS 199–202

CHRONICLE 202–203

CZ 621.315.617.4.

Hillenbrand, J. şi *Frôndl, D.* **Lacuri pe bază de siliconi, în industria electrotehnică** : In : Elektrie **18**, nr. 7, iul 1964, p. 202—205, 3 fig., 4 tabl., 14 ref. bibl.

CZ 621.316 **DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTRICE. REŢELE DE DISTRIBUŢIE. DESCHIDEREA ŞI ÎNCHIDEREA CIRCUITELOR. REGLAREA MĂRIMILOR ELECTRICE**

CZ 621.316.3/9

Reinsch, H. N. **Întreruptoare, aparate şi instalaţii de distribuţie**. In : Elektrotechn. **46**, nr. 18, 24 iun 1964, p. 320—325, 17 fig.

CZ 621.316.13.014.4.001.2

Pfeiler, V. ş.a. **Valoarea rezistenţelor la calculul curenţilor de scurtcircuit în instalaţiile trifazate de joasă tensiune**. In : Elektrie **18**, nr. 5, mai 1964, p. 150—154, 6 fig., 6 tabl., 8 ref. bibl.

CZ 621.316.54.004

Friedrich, H. **Utilizarea şi întreţinerea aparatelor de conectare, de medie tensiune**. In : Energietechn. **14**, nr. 6, iun 1964, p. 252—255, 7 ref. bibl.

CZ 621.316.542.024.027.8

Schulze, H. **Problema disjunctoarelor în cazul transportului energiei prin curent continuu cu tensiunea înaltă**. In : Elektrotechn. Z (ETZ—B) **16**, nr. 24, 20 noiembrie 1964, p. 707—709, 4 ref. bibl.

CZ 621.316.542.064.4

Kukekov, G. A. **Caracteristicile procesului de curgere a aerului în camera de stingere a arcului la întreruptoarele în aer**. In : Elektricestvo **85**, nr. 6, iun 1964, p. 31— 35,6 fig., 11 ref. bibl.

CZ 621.316.545.027.8

Weekend, T. ş.a. **Separator pentru instalaţii de înaltă şi foarte înaltă tensiune**. In : Elektrie **18**, nr. 5, mai 1964, p.136—140, 6 fig., 2 tabl., 1 ref. bibl.

CZ 621.317 **TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ**

CZ 621.317.333 : 621.315.6.001.4

Sorokin, F. A. şi *Undritov, V. A.* **Aparate pentru încercarea materialelor izolante**. In : Izmerit. tehnika, nr. 6, iun 1964, p. 40, 1 fig.

CZ 621.317.39 : 536.5 : 621.362

Pak. Banbo şi *Krinski, I. P.* **In problema automatizării controlului termocuplurilor tehnice confecţionate din alte metale decît cele nobile**. In : Izmerit tehnika, nr. 5, mai 1964, p. 21—23, 2 fig., 2 tabl., 2 ref. bibl.

CZ 621. 317.39 : 621,398,085.36 : 681.128

Kalatozişvili, N. şi *Filimonov, V. M.* **Dispozitiv pentru telemăsurarea discretă a nivelului lichidelor**. In : Priborostroenie, nr. 7, iul 1964, p. 10—12, 2 fig., 1 ref. bibl.

CZ 621.317.7—532.8

*** **Noi tipuri de aparate de măsurare**. In : Elektrotechn. Anz. **81**, nr. 6, iun 1964, p. 210—211, 2 fig.

CZ 621.317.7 : 621.315.2.004.6

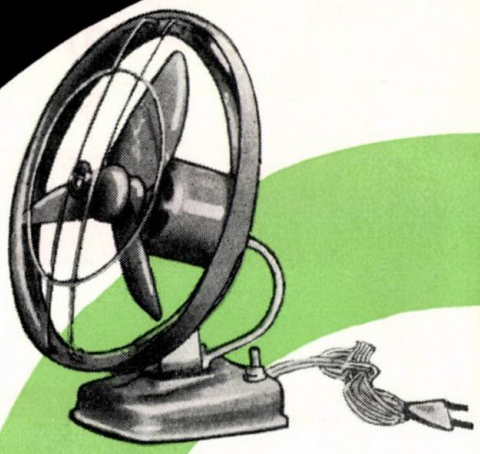
Tomani, B. Z. **Aparat pentru determinarea locului de întrerupere a conductoarelor unui cablu**. In : Automatika, telemehanika i sveaz, nr. 6, iun 1964, p. 46, 1 fig.

CZ 621.317.755 : 621.314.22.08

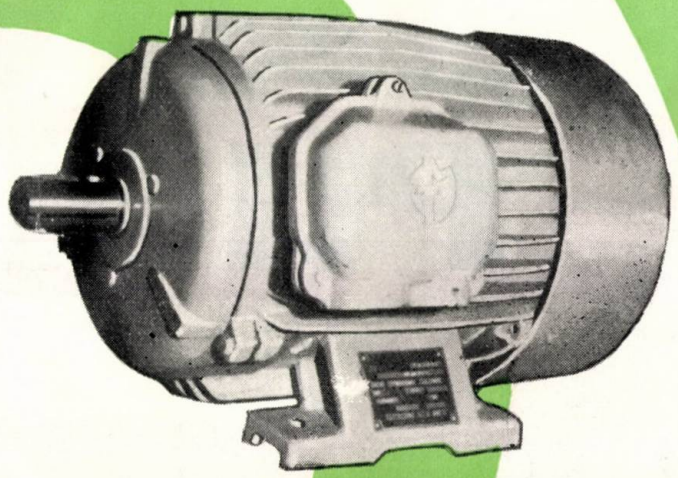
Busse, G. şi *Krüger, D.* **Transformatoare de curent şi transformatoare de tensiune pentru oscilografe electronice**. In : Elektronik **13**, nr. 7, iul 1964, p. 193—196, 9 fig.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

ELECTROMOTOR



- ventilatoare de masă cu cadru sau suport
- relee regulatoare pentru tractoare și autovehicule
- generatoare de curent continuu pentru tractoare și autovehicule
  motoare și reostate pentru mașini de cusut electrice
- motoare pentru antrenarea spălătorului și centrifugei mașinilor de spălat rufe „ALBA—LUX"



- motoare electrice asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit, protecție IP 44, de 4 — 30 kW, și cu rotorul cu inele de contact, de 5,5 — 22 kW
- aspiratoare de praf tip „Record"

For advertisments in rumanian periodicals apply to

PUBLICOM

Modern, efficient advertising on the Rumanian market in full progress of economic development

RUMANIAN PUBLICITY AGENCY
BUCHAREST, RUMANIA — B-DUL N. BĂLCESCU No. 22
TEL.: 14.75.35

PUBLICOM

PUBLICOM

Faites votre publicité dans la presse roumaine de spécialité en vous adressant à

PUBLICOM

Réclame moderne, frappante, efficace, s'adressant au marché roumain en pleine évolution économique

AGENCE ROUMAINE DE PUBLICITÉ
BUCAREST, ROUMANIE — B-DUL N. BĂLCESCU No. 22
TEL. 14.75.35

Werben Sie in der rumänischen Fachpresse durch

PUBLICOM

Moderne und wirksame Reklame auf dem aufstrebenden rumänischen Markt

RUMÄNISCHE WERBEAGENTUR
BUKAREST, RUMÄNIEN — B-DUL N. BĂLCESCU No. 22
FERNRUF: 14.75.35

SNO

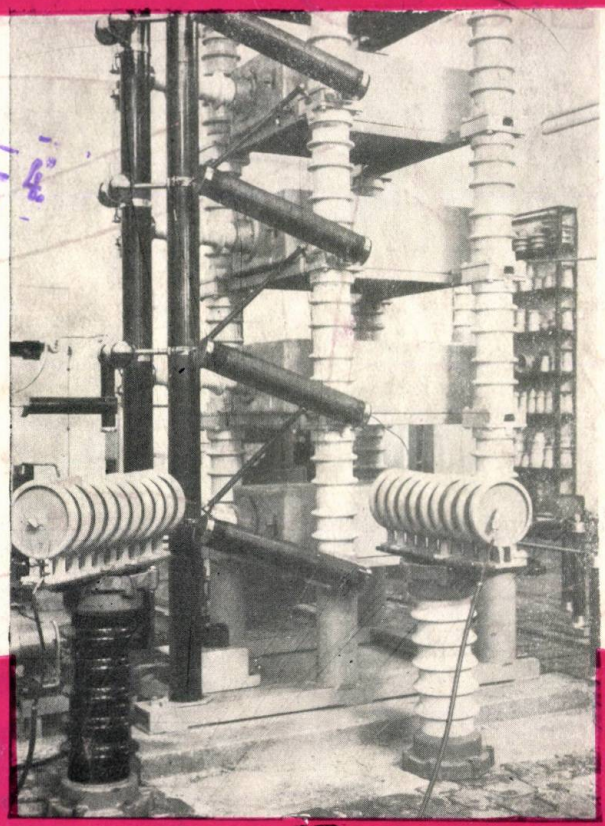
Șantierul Naval Oltenița

construiește:

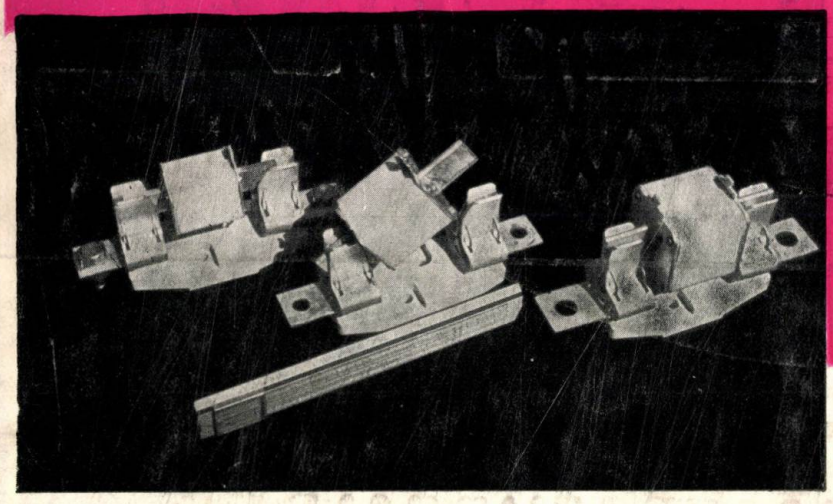
PASAGERE FLUVIALE
REMORCHERE 150-2200 C.P.
DRĂGI MARITIME
MOTONAVE 2000 t
ȘLEPURI 1000 t

M.I.C.M. - I.C.P.E.

1965 NOV 4



INSTITUTUL DE CERCETARE ȘI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ



DIN BUCUREȘTI, BD. T. VLADIMIRESCU 45, TELEFON 16.41.40, 16.41.48

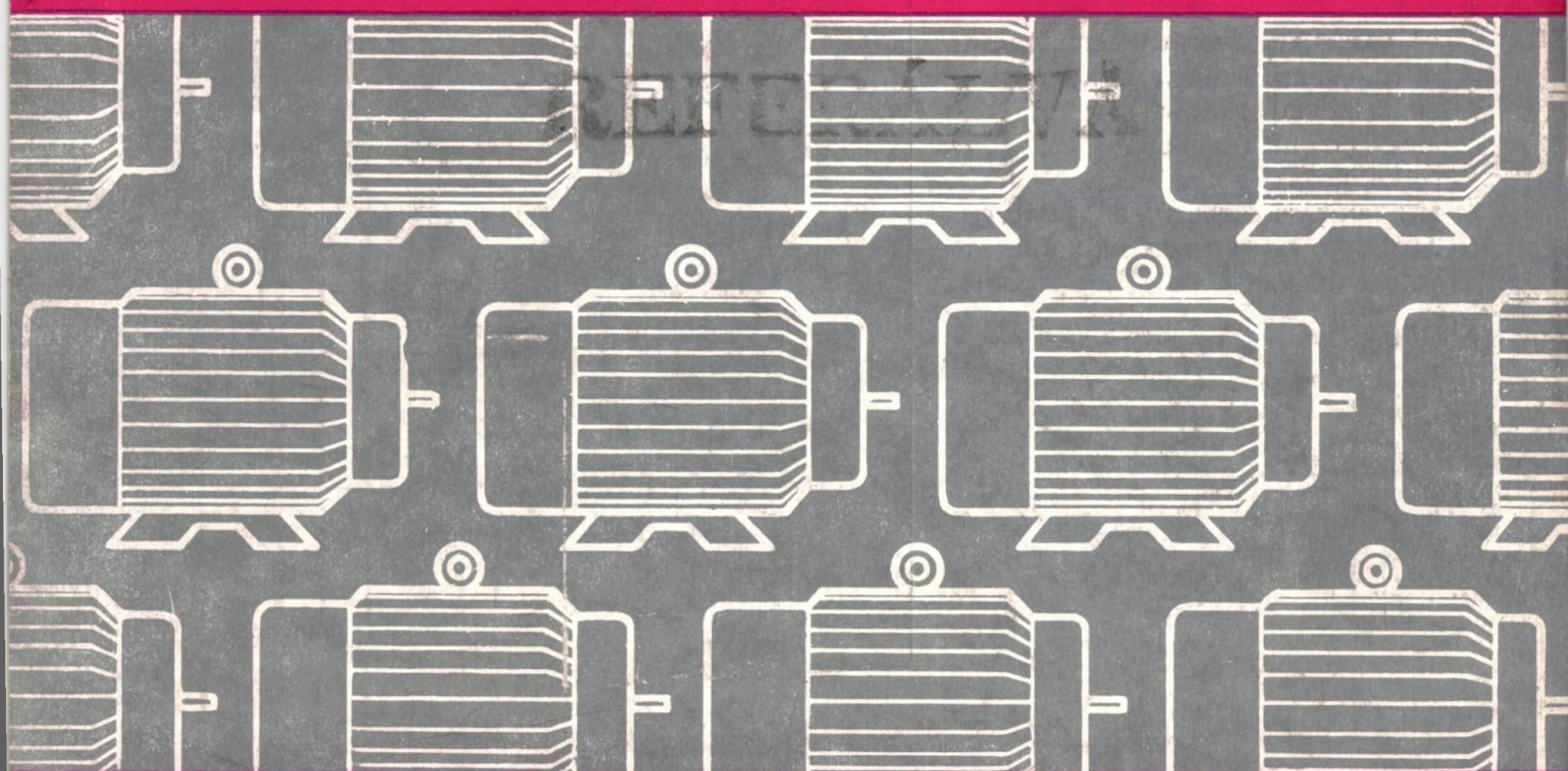
primește comenzi de cercetare și proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din țară.

Institutul execută studii, încercări, omologări și execuții de prototipuri din domeniul mașinilor și transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă și înaltă tensiune, acționărilor electrice, schemelor complexe electrice și electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu mașini electronice, materialelor electrotehnice, cum și proiectări pentru uzine și fabrici cu acest profil.

E 2040

ELECTROTEHNICA

R



ELECTROTEHNICA ● BUCUREȘTI ● ANUL 13 ● NR. 6 ● PAGINA 205 — 240 ● IUNIE 1965

6

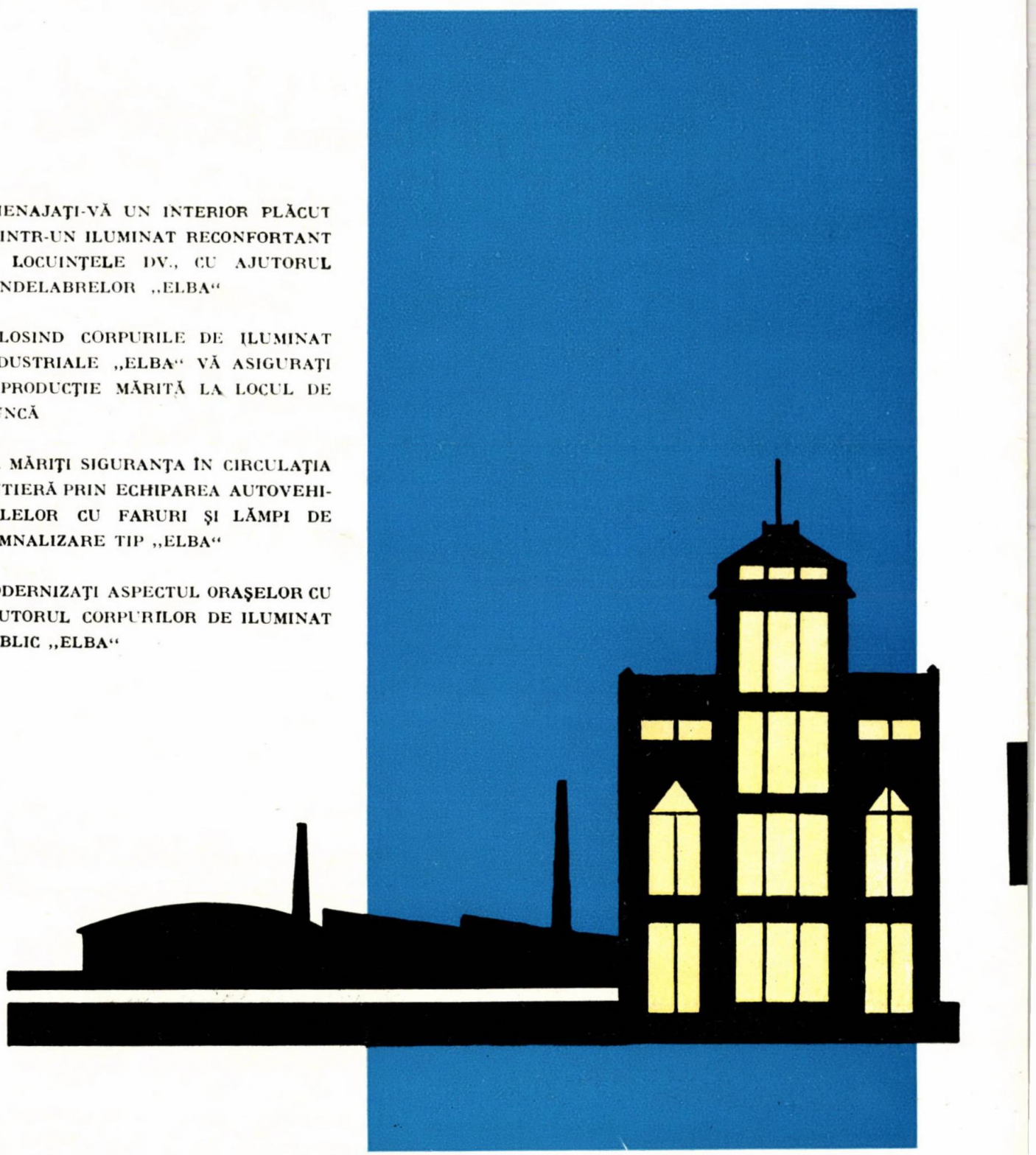
EL-BA

AMENAJAŢI-VĂ UN INTERIOR PLĂCUT PRINTR-UN ILUMINAT RECONFORTANT ÎN LOCUINŢELE DV., CU AJUTORUL CANDELABRELOR „ELBA"

FOLOSIND CORPURILE DE ILUMINAT INDUSTRIALE „ELBA" VĂ ASIGURAŢI O PRODUCŢIE MĂRITĂ LA LOCUL DE MUNCĂ

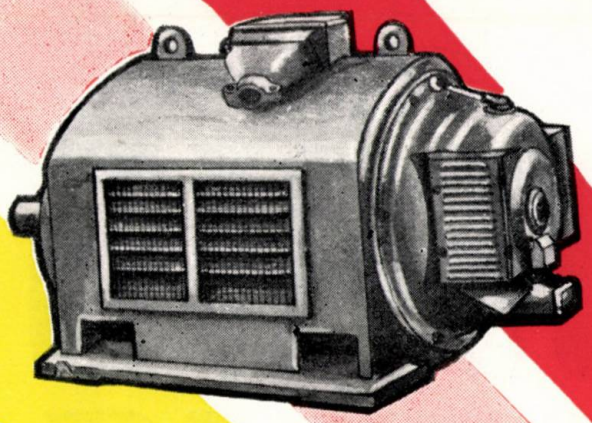
VĂ MĂRIŢI SIGURANŢA ÎN CIRCULAŢIA RUTIERĂ PRIN ECHIPAREA AUTOVEHICULELOR CU FARURI ŞI LĂMPI DE SEMNALIZARE TIP „ELBA"

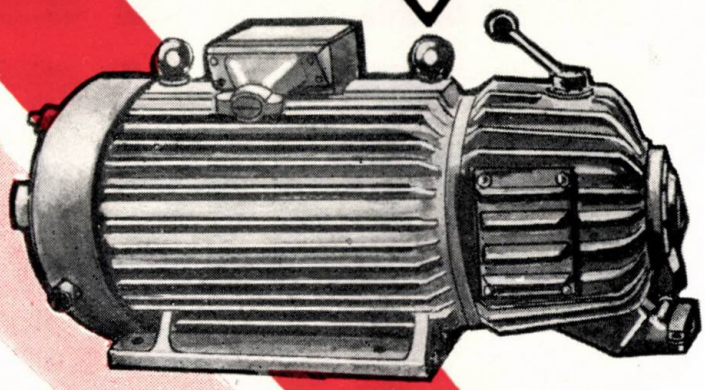
MODERNIZAŢI ASPECTUL ORAŞELOR CU AJUTORUL CORPURILOR DE ILUMINAT PUBLIC „ELBA"



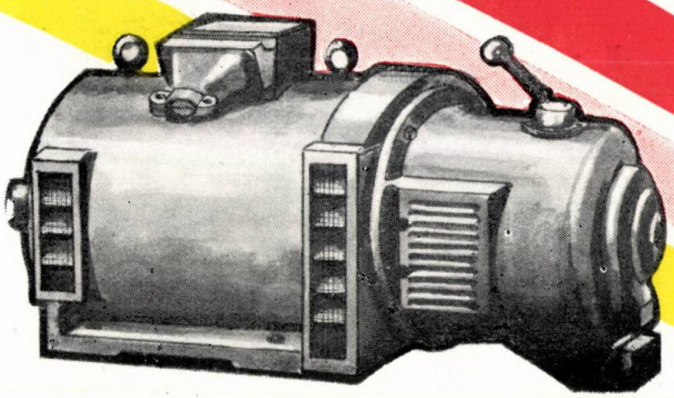
I.I.S. ELECTRO-BANAT — TIMIŞOARA, STR. PESTALOZZI Nr. 22

TELEFON: 1.42.60 : 1.42.61





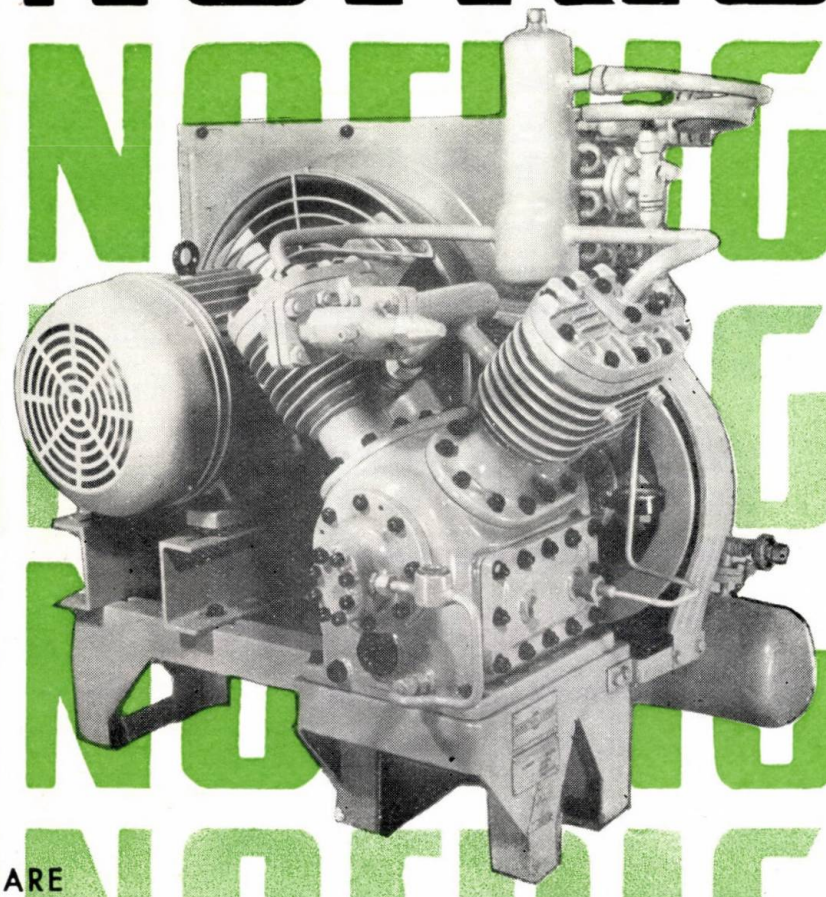
UZINELE „ELECTROPUTERE" CRAIOVA



Seria nouă de motoare asincrone de uz general

- tip MU MA ME
- 100 — 1000 kW
- 500 — 1500 rot/min
- joasă și înaltă tensiune (6 kV)
- protecție IP 44
- răcire cu nervuri sau cu țevi

TEHNOFRIG



AGREGATE ŞI COMPRESOARE
FRIGORIFERE CU CAPACITATE DE
850—875 000 kcal/h
(— 10° C ± 25° C)
PENTRU INDUSTRIA ALIMENTARĂ,
CHIMICĂ etc.

Cereţi prospectele noastre detaliate

UZINA TEHNOFRIG CLUJ

TEHNOFRIG

STR. FABRICII DE CHIBRITURI
NR 5-11 TELEF 61-80

MŰSZAKI

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

ELECTROTEHNICA

Anul 13 nr. 6 iunie 1965

CUPRINS

CZ 621.317.3..088.6 :621.317.727.027.89

Hortopan, Gh. : **Încadrarea divizoarelor de tensiune şi a şunturilor în clase de precizie.**

Electrotehnica 13, nr. 6, iunie 1965, p. 205—210

Dispozitivele de măsură de înaltă tensiune : divizoare de tensiune şi şunturi pentru măsurarea curenţilor, nu sînt încă încadrate după norme naţionale sau internaţionale în clase de precizie.

Se arată că actualele criterii de apreciere a calităţii dispozitivelor menţionate (timpul de răspuns şi caracteristica de frecvenţă) nu sînt satisfăcătoare. Autorul propune ca precizia unui dispozitiv de măsură să se definească prin doi parametri :

— timpul de răspuns şi factorul de excitaţie şi
— caracteristica de frecvenţă şi atenuare.

După aceste criterii şi pe baza experimentărilor efectuate de autor se propun patru clase de precizie. Lucrarea mai conţine precizări în legătură cu utilizarea funcţiei de transfer la determinarea timpului de răspuns al unui dispozitiv de măsură.

CZ 621.3.011.3 :621.315.1.013.7

Carabulea, A. : **Aspecte privind determinarea impedanţelor mutuale între circuitele învecinate.**

Electrotehnica 13, nr. 6, iunie 1965, p. 210—217

În lucrare se indică expresii inedite pentru deducerea impedanţelor mutuale care au formă simplă, uşor de aplicat şi cu erori de acelaşi ordin de mărime ca şi relaţiile Carson-Pollaczek. Relaţiile prezentate se referă, în principal, la apropieri paralele şi oblice între linii electrice monofazate ; linii două conductoare pămînt şi linii trifazate învecinate cu circuite monofilare şi bifilare de telecomunicaţie. Exemplul numeric comparativ confirmă ipotezele admise şi justifică noua structură a relaţiilor propuse pentru calculul impedanţelor mutuale.

CZ 621.317.2 : 625.282-843.6

Gliga, Şt. : **Stand de probe reostatice pentru locomotive Diesel electrice.**

Electrotehnica 13, nr. 6, iunie 1965, p. 217—223

Se prezintă standul de probe reostatice pentru locomotive Diesel electrice realizate cu rezistenţă metalică din bandă şi răcire forţată în scopul obţinerii unui gabarit redus de construcţie robustă şi siguranţă în funcţionare. Conţinutul tratează schema funcţională care realizează probele, precum şi protecţia standului şi a locomotivei supusă încercărilor, cu datele constructive ale standului.

CZ 621.318.323.2.024 : 621.316.53

Dinculescu, P. : **Cu privire la alegerea preliminară a inducţiei în întrefierul electromagneţilor de curent continuu pentru contactoare.**

Electrotehnica 13, nr. 6, iunie 1965, p. 223—226

Pentru regimul de funcţionare permanent şi intermitent al electromagneţilor se stabilesc curbele de variaţie a inducţiei în întrefier, în funcţie de parametrul caracteristic al electromagnetului, astfel încît pentru valori date ale forţei iniţiale F_0 şi întrefierul iniţial δ_0 valoarea inducţiei poate fi aleasă uşor într-o plajă de valori corespunzătoare parametrului caracteristic respectiv.

CZ 621.791.735 :621.315.616.9

Popa, I. : **Maşină pentru sudarea materialelor plastice.**

Electrotehnica 13, nr. 6, iunie 1965, p. 227—228

RECENZII 228—232
REFERATE 232—237
CRONICĂ 237—239

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.317.3.088.6 : 621.317.727.027.09

Хортопан, Г.: **Классификация приспособлений для измерения напряжения и шунтов по классам точности.**
Electrotehnica 13, nr. 6, июнь 1965, стр. 205–210

Приспособления для измерения высокого напряжения: делители напряжения и шунты для измерения токов пока еще не включены по национальным или международным нормам в классы точности.

Показано, что современные критерии качественной оценки вышеуказанных приспособлений (время ответа и частотная характеристика) пока еще не являются удовлетворительными. Автор предлагает определение точности измерительных приспособлений с помощью двух параметров:

— время ответа и фактор возбуждения, и
— частотная характеристика и затухание.

Учитывая эти критерии и на основании проведенных автором опытов, предлагаются 4 класса точности. В статье также приводятся уточнения в связи с применением передаточной функции при определении времени ответа измерительных приспособлений.

ДК 621.3.011.3:621.315.1.013.7

Карабуля, А.: **К вопросу определения взаимного импеданса между соседними цепями.**
Electrotehnica 13, nr. 6, июнь 1965, стр. 210–217

В статье приводятся еще не опубликованные уравнения для вывода взаимных импедансов, отличающиеся несложной легко применямой формой, причем получаемые погрешности соответствуют величинам того же порядка, как и уравнения Карсона-Поллачека. В основном, предложенные уравнения касаются параллельных и наклонных сближений между монофазными электролиниями; линии два проводника — земля и трехфазные линии, соседние с одножильными и двужильными цепями связи. Приведенный для сравнения цифровой пример подтверждает выдвигаемые гипотезы и обосновывает новую структуру уравнений, предлагаемых для расчета взаимных импедансов.

ДК 621.317.2 : 625.282–843 6

Глига, С.: **Стенд реостатических испытаний для дизельных электровозов.**
Electrotehnica 13, nr. 6, июнь 1965, стр. 217–223

Описывается стенд реостатических испытаний для дизельных электровозов, сконструированный с металлическим полосовым сопротивлением и форсированным охлаждением, в целях получения пониженного габарита прочной конструкции и безотказной работы. В статье трактуется функциональная схема испытании, а также защита стенда и подвергаемого испытаниям тепловоза. При этом приводятся конструктивные данные стенда.

ДК 621.318.323.2.024 : 621.316.53

Динкулеску П.: **О предварительном выборе индукции в воздушном зазоре электомагнитов постоянного тока для контакторов.**
Electrotehnica 13, nr. 6, июнь 1965, стр. 223–226

Для постоянного и прерывистого режима работы электромагнитов установливаются кривые колебания индукции в воздушном зазоре, в зависимости от характерного параметра электромагнита с таким расчетом, чтобы для данных значений исходной силы F_0 и исходного воздушного зазора S_0, величину индукции можно было бы легко выбрать на пляже значений соотвествующих данному характерному параметру.

ДК 621.791.795 :621 315.616.9

Попа И.: **Станок для сварки пластмасс.**
Electrotehnica 13, nr. 6, июнь 1965, стр. 227–228

РЕЦЕНЗИИ 228–232
РЕФЕРАТЫ 232–237
ХРОНИКА 237–239

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.317.3.088.6 :621.317.727.027.89

Hortopan, Gh. : **Einstufung der Spannungs-und Nebenschlussvorrichtungen in Präzisionsklassen.**

Electrotehnica 13, H. 6, Juni 1965, S. 205–210

Die Messvorrichtungen für Hochspannung, die Spannungsteiler und Nebenschlussvorrichtungen für Strommessungen wurden bisher nicht nach nationalen und internationalen Normen in Präzisionsklassen eingeteilt.

Der Verfasser weist darauf hin, dass die zur Zeit gültigen Bewertungskriterien für die erwähnten Vorrichtungen (Reaktionszeit und Frequenzkennlinien) den Anforderungen nicht entsprechen, und schlägt vor, dass die Präzision einer Messvorrichtung nach zwei Parametern bewertet werden soll:
– Reaktionszeit-und Erregungsfaktor und
– Frequenz-und Dämpfungskennlinien.

Nach diesen Kriterien und auf Grund der vom Verfasser vorgenommenen Versuchen werden vier Präzisionsklassen vorgeschlagen. Der Aufsatz enthält ferner Hinweise auf die Verwendung der Übertragungsfunktion bei der Ermittlung der Reaktionszeit einer Messvorrichtung.

DK 621.3.011.3 :621.315.1.013.7

Carabulea, A. : **Über die Bestimmung der gegenseitigen Impedanz benachbarter Stromkreise.**

Electrotehnica 13, H. 6, Juni 1965, S. 210–217

Im Aufsatz werden neuartige Ausdrücke für die Ableitung der gegenseitigen Impedanz angeführt, die eine einfache Form aufweisen, leicht anwendbar sind und Fehler von der gleichen Grösse wie die Carson-Pollaczek-Relationen ergeben.

Die dargelegten Relationen beziehen sich in erster Reihe auf die parallele und geneigte Annäherung monophasischer Stromleiter an Doppelleitungen, Haupt-und Nulleiter sowie Drehstromleiter die in der Nähe von Ein-und Zweidrahtleitungen für Fernmeldezwecke verlegt sind. Ein Vergleichen des Zahlenbeispiel bestätigt die aufgestellte Hypothese und rechtfertigt die neue Struktur der für die Berechnung der gegenseitigen Impedanz vorgeschlagenen Relation.

DK 621.317.3 :625.282-843.6

Gliga, St. : **Rheostatischer Probestand für Elektro-Dieselloks.**

Electrotehnica 13, H. 6, Juni 1965, S. 217–223

Der Verfasser beschreibt einen rheostatischen Probestand für Elektro-Dieselloks, der mit Metallbandwiderständen und einer Kühlvorrichtung versehen ist, wodurch geringe Abmessungen, eine robuste Bauweise und erhöhte Betriebssicherheit erzielt werden. In eingehender Weise werden die Schaltung des Prüfblocks, die Schutzvorrichtungen für den Probestand und der einer Prüfung unterzogenen Lokomotive, sowie die baulichen Kennwerte des Standes erläutert.

DK 621.318.323.2.024: 621.316.53

Dinculescu, P. : **Über den Vorwahl der Induktion im Luftspalt der Gleichstrom-Elektromagnete für Kontaktgeber.**

Electrotehnica 13, H. 6, Juni 1965, S. 223–226

Für einen permanenten und intermittierenden Betrieb der Elektromagneten werden die Variationskurven der Luftspaltinduktion im Verhältnis zu dem Kennparameter des Elektromagnets festgestellt. Auf diese Weise kann der Induktionswert für gegebene Werte der Anfangskraft F_0 und des initialen Luftspaltes δ_0 aus einer entsprechenden Werteskala gewählt, entsprechend dem betreffenden Kennparameter werden.

DK 621.791.735 : 621.315.616.9

Popa, I. : **Schweissmaschine für Kunststoffe.**

Electrotehnica 13, H. 6, Juni 1965, S. 227–228

BUCHBESPRECHUNGEN 228–232

REFERATE 232–237

CHRONIK 237–239

MŰSZAKI KÖNYVTÁRI SZOLGÁLAT 1963 DOKUMENTÁCIÓS OSZTÁLY

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Anul 13 Nr. 6 București, iunie 1965

Încadrarea divizoarelor de tensiune și a șunturilor în clase de precizie

Gheorghe Hortopan* – București

CZ 621.317.3.088.6 : 621.317.727.027.89

Dispozitivele de măsură de înaltă tensiune nu sînt încă încadrate în clase de precizie, deși sînt cunoscute anumite criterii privind aprecierea calității lor.

Astfel Raske [1] elaborează în ATM un studiu de sinteză al divizoarelor de tensiune și al șunturilor. Divizoarele rezistive sînt considerate cu constante uniform repartizate.

Howard [2] calculează analitic răspunsul divizoarelor de tensiune, cu constante uniform repartizate, la excitațiile de formă treaptă și de formă dublu exponențial. Stephanides [3] analizează calitativ utilizarea divizoarelor de înaltă tensiune și precizia lor, precum și influența calitativă a divizoarelor de tensiune asupra formei undei produse de generatorul de impuls [4]. Zingales [5] se ocupă de divizoarele de tensiune instalate pe liniile de transport de energie și se referă la banda de trecere a frecvențelor prin asemenea dispozitive de măsură. Galli [6] tratează calitativ probleme privind măsurarea tensiunii de amorsare a descărcătoarelor electrice și cu această ocazie face aprecieri calitative asupra răspunsului divizorului de tensiune, care este excitat cu o tensiune de impuls tăiată. Romano [7] studiază comportarea divizoarelor de tensiune în regim permanent.

În prezent cercetătorii sînt preocupați de verificarea experimentală a răspunsului la excitația treaptă și de ridicarea experimentală a caracteristicii de frecvență. Concomitent se utilizează teoria dezvoltată de tehnica automaticii în ce privește comportarea sistemelor de reglaj. În aceste preocupări se încadrează Baatz [8], Ašner [9], Berger [10], Gary [11], Creed [12], care ridică experimental răspunsul divizorului de tensiune la o excitație treaptă de înaltă tensiune de aproximativ 100 kV. Schwab [13] elaborează un divizor de tensiune de 100 kV, bandă largă, pe care îl încearcă cu tensiune treaptă cu durata frontului de 6 ns. Rodewald [14] studiază experimental influența impedanței liniei de racord între generatorul de impuls și oscilograful catodic, utilizînd un generator de impuls de joasă tensiune. Comisia electrotehnică internațională [15] arată că răspunsul la excitația treaptă poate fi oscilant, mai mult sau mai puțin amortizat și în consecință caracteristica de frecvență poate să prezinte sau să nu prezinte fenomene de rezonanță. Aprecierea calității unui dispozitiv de măsură (divizor de tensiune sau șunt), după criteriul unui singur parametru (fie caracteristice de frecvență, fie timpul de răspuns), după cum se prevede în recomandările CEI, este incompletă dacă se dorește încadrarea dispozitivelor menționate în clase de precizie. Elementele teoretice, ca și verificările experimentale expuse în lucrare, scot la iveală necesitatea aprecierii calității unui dispozitiv de măsură prin precizarea a doi parametri, și anume :

– timpul de răspuns și factorul de oscilație, la criteriul răspunsului la excitația treaptă ;

– frecvența de tăiere și atenuarea, la criteriul răspunsului la excitația sinusoidală.

1. Criterii de calitate a dispozitivelor de măsură

Dispozitivele de măsură sînt apreciate în ce privește calitatea lor după criteriile timpului de răspuns la excitația treaptă și după caracteristica de frecvență la excitația sinusoidală.

Răspunsul la excitația treaptă poate fi stabilit sub forma unei funcții de timp, dacă se cunoaște rețeaua echivalentă a dispozitivului de măsură. Pentru unele cazuri, după cum se arată în lucrarea [16], se ajunge la rezultat scriind ecuațiile integrodiferențiale ale rețelei echivalente, aplicînd apoi transformarea Laplace pentru excitația treaptă, rezolvînd problema în domeniul imagine. Pentru obținerea funcției de

* *Gh. Hortopan* este conferențiar la Institutul politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej" din București.

timp (original) se aplică mai ales formula de transformare a lui Heaviside :

$$A(t) = \frac{F(0)}{G(0)} + \sum_{i=1}^{n} \frac{F(p)}{P_i G'(p_i)} e^{p_i t} \quad (1)$$

dacă numitorul G are o rădăcină nulă ;

$$A(t) = \sum_{i=1}^{n} \frac{F(p)}{G'(p_i)} e^{p_i t} \quad (2)$$

dacă numitorul nu are rădăcină nulă.

În cazul unei rețele cu o structură mai complicată, răspunsul la excitația treaptă se poate obține folosind calculatorul electronic analogic.

Verificarea experimentală a răspunsului la excitația treaptă, pentru dispozitive de măsură construite, este posibilă printr-unul din procedeele indicate în lucrarea [16].

Răspunsul la o excitație oarecare $K(t)$ se obține cu ajutorul integralei Duhamel :

$$B(t) = K(0) A(t) + \int_0^t K'(t - \tau) A(\tau) \, d\tau, \quad (3)$$

în care :

$B(t)$ este răspunsul la excitația $K(t)$;
$A(t)$ — răspunsul la excitația treaptă;
$K'(t)$ — derivata funcției $K(t)$.

Răspunsul la o excitație sinusoidală sau caracteristica de frecvență se obține fie prin metoda funcției de transfer, fie prin metoda integrării directe a ecuației diferențiale, care stabilește legătura dintre excitație și răspuns.

Dacă se cunosc funcția de transfer $h(p)$ a unui sistem de măsurare și transformata Laplace a excitației $\gamma(p)$ se obține transformata Laplace prin operația :

$$f(p) = h(p) \gamma(p). \quad (4)$$

Dacă în locul lui p în relația (4) se introduce $j\omega$, pe baza echivalenței între transformata Laplace și transformata Fourier* se obține caracteristica de frecvență a sistemului de măsură, pentru ω cuprins între 0 și ∞ [17].

O altă metodă de a determîna caracteristica de frecvență constă în integrarea directă a ecuației diferențiale [17]. Pentru sistemele de măsură, utilizate în tehnica impulsului, ecuațiile diferențiale de ordinul doi sînt suficient de exacte, fiind de forma :

$$a \frac{d^2 u}{dx^2} + b \frac{du}{dt} + cu = aU_0 \sin \omega t, \quad (5)$$

unde u este răspunsul, iar $U_0 \sin \omega t$ este excitația. Pentru o excitație forțată, într-un sistem liniar pasiv, răspunsul va fi de forma :

$$u = U_0 \sin(\omega t + \varphi). \quad (6)$$

* În condiția $\beta = 0$ în relația $p = \beta + j\omega$.

Dacă se observă că :

$$j \sin \omega t = I_m (e^{j\omega t})$$

$$j \sin(\omega t + \varphi) = I_m [e^{j(\omega t + \varphi)}] \quad (7)$$

prin introducerea soluției (6) în (5) se obține :

$$\frac{u_0}{U_0} e^{j\varphi} = \frac{a}{a(j\omega)^2 + 6 j\omega + c} \quad (8)$$

cu notația $u_0/U_0 = A$ rezultă :

$$A e^{j\varphi} = \frac{1}{(j\omega)^2 + \frac{b}{a} j\omega + \frac{c}{a}}. \quad (9)$$

Partea stîngă a ecuației reprezintă un număr complex de modul A și argument φ. Atît A cît și φ se determină din partea dreaptă a egalității, unde toți termenii sînt cunoscuți. Se obține astfel raportul amplitudinilor A de ieșire și intrare și defazajul φ pentru orice valoare a lui ω.

2. Erorile sistemelor de măsură

În funcție de excitația sistemului cercetat se definesc și erorile sistemelor de măsură. Dacă excitația este funcția treaptă, eroarea este dată de timpul de răspuns, definit conform recomandărilor CEI [15] :

$$T = \int_0^\infty [1 - A(t)] \, dt. \quad (10)$$

Dacă excitația este sinusoidală, aprecierea calității dispozitivului de măsură, conform recomandărilor CEI [15], se face prin determinarea experimentală a caracteristicii de frecvență, fără a se preciza un criteriu cantitativ.

2. 1. *Relația între timpul de răspuns la excitația treaptă și funcția de transfer.* Gary arată [18] că este posibil să se stabilească o asemenea relație. Astfel dacă se aplică relația (5), în cazul excitației treaptă și se observă că transformata Laplace a excitației este $\gamma(p) = \frac{1}{p}$ și că răspunsul la excitația treaptă este $A(t)$ după definiția transformării Laplace, se obține :

$$f(p) = \frac{h(p)}{p} = \int_0^\infty A(t) e^{-pt} \, dt \quad (11)$$

sau trecînd la transformarea Fourier :

$$f(j\omega) = \frac{h(j\omega)}{j\omega} = \int_0^\infty A(t) e^{-j\omega t} \, dt. \quad (12)$$

Funcția original a transformatei Fourier definită de (12) este :

$$A(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{h(j\omega)}{j\omega} e^{j\omega t} \, d\omega. \quad (13)$$

Spectrul diferenţă dintre spectrul funcţiei treaptă şi spectrul funcţiei răspuns la treaptă este :

$$g(j\omega) = \frac{1}{j\omega} - \frac{h(j\omega)}{j\omega} = \frac{1}{j\omega}[1 - h(j\omega)]. \quad (14)$$

Acelaşi spectru diferenţă pe baza definiţiei transformării Fourier este :

$$g(j\omega) = \int_0^\infty [1 - A(t)]\, e^{-j\omega t}\, dt \quad (15)$$

În relaţia (15) se observă că :

$$\lim_{\omega\to 0} g(j\omega) = \lim_{\omega\to 0} \int_0^\infty [1 - A(t)]\, e^{-j\omega t}\, dt =$$

$$= \int_0^\infty [1 - A(t)]dt = T. \quad (16)$$

Din relaţiile (5.14) şi (5.16) rezultă :

$$T = \lim_{\omega\to 0} \frac{1}{j\omega}[1 - h(j\omega)]. \quad (17)$$

Ca urmare se poate determina timpul de răspuns T dacă se cunoaşte expresia funcţiei de transfer.

2. 2. *Exemplu de calcul.* Se determină *timpul de răspuns intrinsec* (divizor plus racord aerian) al divizorului de tensiune rezistiv ecranat. Se poate observa că divizorul de tensiune ecranat cu $RC = ct$ are schema echivalentă din figura 1 şi că răspunsul la excitaţia treaptă este dat [16] de relaţiile :

$$\mathcal{U} = f(p) = \frac{U_a}{p} \cdot \frac{1}{p^2 + 2p\delta + \omega_0^2} \quad (18)$$

în domeniul imagine şi

$$u(t) = U\frac{a}{\omega_0^2}\left[1 - e^{-\delta t}\left(\cos\omega_1 t + \frac{\delta}{\omega_1}\sin\omega_1 t\right)\right] \quad (19)$$

sau :

$$u(t) = U\frac{a}{\omega_0^2}\left[1 - e^{-\delta t}\left(\operatorname{ch}\omega_2 t + \frac{\delta}{\omega_2}\operatorname{sh}\omega_2 t\right)\right] \quad (20)$$

în domeniul original.

Deoarece la determinarea timpului de răspuns se ia drept unitate, după cum arată ecuaţiile (19) şi (20), expresia $U\frac{a}{\omega_0^2}$ şi nu U, este necesar ca funcţia de transfer corespunzătoare să rezulte din scrierea ecuaţiei (18) astfel :

$$f(p) = \frac{U}{p} \cdot \frac{a}{\omega_0^2} \cdot \frac{\omega_0^2}{p^2 + 2p\delta + \omega_0^2} = \frac{U}{p} \cdot \frac{a}{\omega_0^2} \cdot h(p). \quad (21)$$

Rezultă deci că funcţia de transfer este :

$$h(p) = \frac{\omega_0^2}{p^2 + 2p\delta + \omega_0^2}. \quad (22)$$

Prin dezvoltarea în serie în jurul lui $p = 0$, respectiv $\omega = 0$, a funcţiei de transfer şi limitarea la primii doi termeni se obţine :

$$h(p) = h(0) + h'(0)p = 1 - \frac{\omega_0^2(2p + 2\delta)}{(p^2 + 2p\delta + \omega_0^2)^2}\, p, \quad (23)$$

de unde din relaţia (17) rezultă :

$$T = \lim_{p\to 0} \frac{1}{p}\left[1 - 1 + \frac{\omega_0^2(2p + 2\delta)}{(p^2 + 2p\delta + \omega_0^2)^2}\, p\right] = \frac{2\delta}{\omega_0^2}. \quad (24)$$

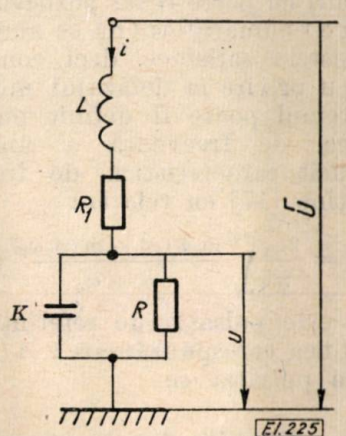


Fig. 1. Schema de principiu a unui divizor de tensiune rezistiv ecranat.

Pentru a trece la calculul numeric se consideră următorii parametri ai schemei din figura 1, corespunzătoare divizorului de tensiune ecranat :

$$R_1 = 0\,;\ 120\,;\ 250\,;\ 500\,\Omega\,;$$

$$R = 10\,000\ \Omega\,;$$

$$L = 4{,}5\ \mu H\,;$$

$$K = 100\ pF.$$

Pentru rezistenţa $R_1 = 120\ \Omega$ se obţine :

$$\delta = \frac{1}{2} \cdot \frac{RR_1K + L}{KLR} = \frac{1}{2} \cdot$$

$$\cdot \frac{10\,000 \cdot 120 \cdot 100 \cdot 10^{-12} + 4{,}5 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^{-12} \cdot 4{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot 10\,000} = 13{,}8 \cdot 10^6 \cdot s^{-1};$$

$$\omega_0^2 = \frac{R_1 + R}{KLR} = \frac{120 + 10\,000}{100 \cdot 10^{-12} \cdot 4{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot 10\,000} =$$

$$= 2{,}25 \cdot 10^{15} \cdot s^{-2};$$

$$T = \frac{2\delta}{\omega_0^2} = \frac{2 \cdot 13{,}8 \cdot 10^6}{2{,}25 \cdot 10^{15}} = 12{,}3 \cdot 10^{-9} = 12{,}3\ n\,s.$$

În tabela 1 sînt date valorile timpului de răspuns pentru $R_1 = 0$; 120; 250; 500 Ω.

Tabela 1

Timpul de răspuns calculat cu relaţia (24)

R_1, Ω	R_2 Ω	L x 10^{-6} H	K x 10^{-12} F	δ x 10^6 s^{-1}	ω_0 x 10^{15} s^{-2}	T x 10^{-9} s
0	10 000	4,5	100	0,5	2,22	0,45
120	10 000	4,5	100	13,8	2,25	12,3
250	10 000	4,5	100	28,2	2,275	24,8
500	10 000	4,5	100	56,1	2,33	48,2

2. 3. *Dispozitivele de măsură ca sisteme de defazaj minimal.* Din expresia funcţiei de transfer, indicată în relaţia (19), rezultă că aceasta nu are zerouri cu parte reală pozitivă, cu atît mai mult cu cît numărătorul nu se anulează. Un astfel de sistem satisface deci condiţiile lui Bode (17) cu privire la defazajul minimal. Ca urmare sistemul poate fi definit numai prin caracteristica de frecvenţă a amplitudinii $A(\omega)$, întrucît caracteristica de frecvenţă a fazei se obţine [17] cu relaţia:

$$\varphi(\omega_0) = \frac{2\omega_0}{\pi}\int_0^\infty \frac{\ln A(\omega) - \ln(A\,\omega_0)}{\omega - \omega_0}\,d\omega, \qquad (25)$$

în care ω_0 este pulsaţia de referinţă; $A(\omega_0)$ — amplitudinea corespunzătoare; $A(\omega)$ — amplitudinea la pulsaţia ω.

4. Încadrarea dispozitivelor de măsură în clase de precizie după metoda celor doi parametri

În figura 2 sînt date oscilogramele răspunsului la aplicarea unei excitaţii treaptă de aproximativ 80 kV unui dispozitiv de măsură de 1,5 MV. Acest dispozitiv cuprinde: linia aeriană de racord între generatorul de impuls şi divizorul de tensiune; rezistenţa amortizoare $R_1 = 0$; 120; 250; 500 Ω; divizorul de tensiune; cablul de măsură între divizor şi osciloscopul catodic; osciloscopul catodic. Se poate observa că valorile timpului de răspuns din figura 2 (19 ns; 24 ns; 48 ns şi 74,5 ns) sînt mai mici decît cele indicate în tabela 1, ceea ce se explică prin faptul că timpul de răspuns calculat cu relaţia (24) nu se referă la întregul dispozitiv de măsură, întrucît în schema din figura 1 nu se include cablul de măsură pe partea de joasă tensiune şi osciloscopul catodic.

În figura 3 este indicată caracteristica de frecvenţă a dispozitivului de măsură menţionat. Pentru ridicarea acestei caracteristici s-a utilizat un generator de semnal sinusoidal de 1 V, ca sursă de excitaţie. Tensiunea pe partea de joasă tensiune a divizorului a fost măsurată cu un milivoltmetru electronic. Aprecierea calităţii unui dispozitiv de măsură, după criteriul simplu al obţinerii unui timp de răspuns de valoare cît mai mică este nesatisfăcătoare. Într-adevăr dacă se analizează condiţiile în care se obţin valorile cele mai mici ale timpului de răspuns, în tabela 1 şi figura 2, se constată că aceste valori mici sînt determinate de rezistenţe R_1 reduse. Teoretic rezultă că pentru $R_1 = 0$, valoarea timpului de răspuns intrinsec este practic zero.

Menţionarea valorii timpului de răspuns nu cuprinde nici o indicaţie asupra tendinţei de oscilaţie a dispozitivului de măsură, iar o oscilogramă care prezintă oscilaţii nu poate fi considerată ca reprezentînd un fenomen real, deoarece nu se poate preciza cui aparţin oscilaţiile: fenomenului înregistrat sau dispozitivului de măsură. Această incertitudine este supărătoare mai ales la înregistrarea tensiunii de impuls tăiate. Întrucît tăierea tensiunii are loc pe o durată de 0,1—0,15 μs, înseamnă că, practic, dispozitivul de măsură este excitat cu o tensiune treaptă care conţine o bandă largă de frecvenţe de excitaţie.

De aici, apare necesitatea ca precizarea valorii timpului de răspuns să fie însoţită şi de precizarea factorului de oscilaţie γ, care se defineşte cu raportul dintre valoarea de vîrf a fenomenului înregistrat şi valoarea stabilizată. Cu

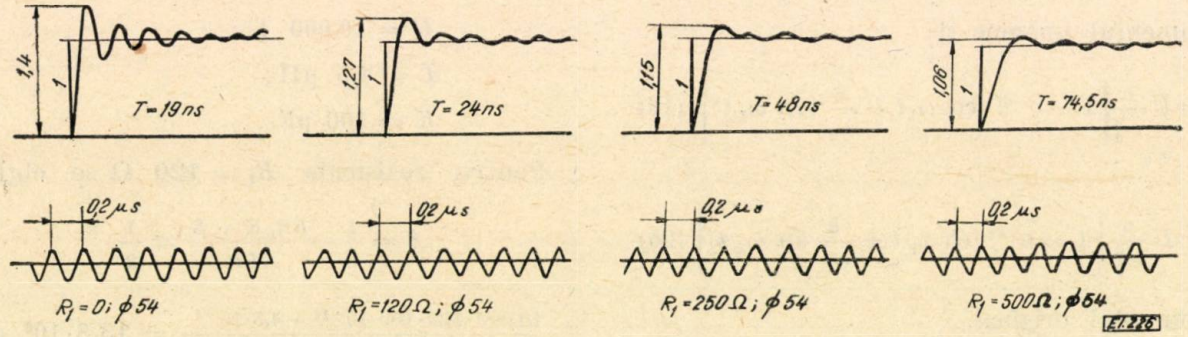


Fig. 2. Timpul de răspuns al unui divizor de tensiune de 1,5 MV; $R_1 = 0$; 120; 250; 500 Ω.

alte cuvinte, cei doi parametri ai dispozitivului de măsură, care definesc calitatea sa, sînt:

— timpul de răspuns T;

— factorul de oscilaţie γ.

Un dispozitiv de măsură se va încadra într-o clasă de precizie, cu atît mai bună (superioară) cu cît pentru o valoare a factorului de oscilaţie

dată, valoarea timpului de răspuns va fi mai mică.

Dacă se face referire la caracteristica de frecvenţă a amplitudinii, se pot accepta drept criteriu al calităţii tot din parametrii următori :

— banda de frecvenţă care trece prin dispozitivul de măsură considerat ca filtru ;

— atenuarea corespunzătoare lăţimii de bandă considerată. Aici trebuie menţionat că atenuarea se referă şi la rezonanţa sistemului pe frecvenţă proprie, adică trebuie precizată valoarea cea mai mare a amplitudinii la rezonanţă. Un dispozitiv de măsură care prezintă rezonanţă pentru o frecvenţă dată va falsifica rezultatele măsurării, dacă în spectrul de frecvenţe al fenomenului analizat este cuprinsă şi frecvenţa de rezonanţă a dispozitivului de măsură.

Măsurările experimentale efectuate pe dispozitivele construite permit a se propune o încadrare a dispozitivelor menţionate în clase de precizie. În acest scop se pot admite ca variaţii ale amplitudinii cel mult

$$A_{dB} = 3 \text{ dB} = 20 \log \frac{A_1}{A_2}$$

sau $A_1/A_2 = 1{,}41$. Dacă se acceptă această atenuare ca valoare maximă, rezultă că se limitează factorul de oscilaţie la $\gamma = 1{,}41$ şi amplitudinea la frecvenţe de tăiere la $A_2 = 0{,}71$.

Pe baza acestor criterii şi a rezultatelor experimentale (fig. 2 şi 3) se propun clasele de precizie ale dispozitivelor de măsură conform tabelei 2.

Tabela 2

Clasele de precizie ale divizoarelor de tensiune şi ale şunturilor (propunere)

Clasa de precizie	*A*	*B*	*C*	*D*
Timpul de răspuns T, ns la $\gamma < 1{,}41$	25	50	100	>100
Banda de frecvenţă f, MHz la $A_{dB} < 3$ dB	7	6	5	<5

Observaţii. Încadrarea dispozitivelor de măsură în clase de precizie rezultă pe baza înregistrării răspunsului dispozitivului la excitaţia treaptă sau la excitaţia sinusoidală. Rezultatele obţinute (timpul de răspuns şi frecvenţa de tăiere) depind de :

— conturul sau dimensiunile geometrice ale instalaţiei ;

— amortizarea şi inductivitatea liniei aeriene de racord ;

— amortizarea cablului de măsură ;

— construcţia (impedanţa internă) a generatorului de semnal sinusoidal.

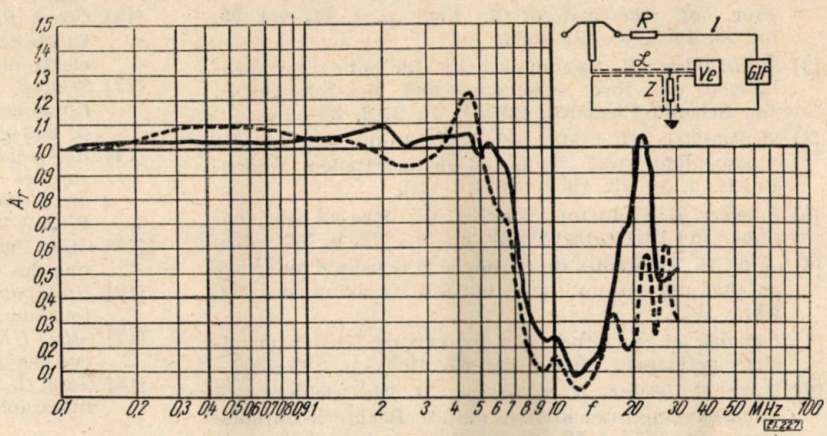


Fig. 3. Caracteristica de frecvenţă $A_1 = \varphi(f)$ a unui divizor de tensiune rezistiv ecranat de 1,5 MV ;

—— $R = 120\,\Omega$; $l = 4{,}5$ m ; $\varnothing = 54$ mm ; $\mathcal{L} = 19$ m ; ---- $R = 120\,\Omega$; $l = 4{,}5$ m ; $\varnothing = 18/15$ mm ; $\mathcal{L} = 19$ m.

Montajul din figura 3 este normal pentru că reproduce situaţia reală în timpul încercărilor a divizorului de tensiune, în ce priveşte poziţia relativă a acestuia faţă de generatorul de impuls şi faţă de osciloscraful catodic. De asemenea, aparatura utilizată este întrebuinţată curent, fie în laboratoarele de electronică, fie în laboratorul de înaltă tensiune.

Justificarea claselor de precizie propuse se bazează pe faptul că realmente se pot construi dispozitive care să satisfacă criteriile de calitate acceptate. Astfel, divizorul de tensiune de 1,5 MV experimentat se încadrează în clasa A.

Concluzii

Pînă în prezent, precizia divizoarelor de tensiune şi a şunturilor care măsoară mărimi electrice, tensiuni şi curenţi cu variaţii rapide nu este normată. Această situaţie duce la incertitudine asupra exactităţii înregistrării unui fenomen cu variaţii rapide în sensul că nu se poate aprecia dacă oscilaţiile sau amortizările puternice sînt proprii fenomenului studiat sau se datoresc unui dispozitiv de măsură necorespunzător. Propunerea de a se defini calitatea unui dispozitiv de măsură după metoda celor doi parametri, propusă de autor, şi de a încadra dispozitivele de măsură în clase de precizie după acest criteriu este de natură să contribuie la eliminarea unor incertitudini ocazionate de interpretarea oscilogramelor obţinute cu divizoarele de tensiune şi cu şunturile pentru măsura curenţilor cu variaţii rapide.

Bibliografie

[1] *Raske, W.* Messteiler für hohe Stossspannungen. I Der Widerstandteiler ATM-Z-**116**-1, dec. 1938. II Der Kapazitätsteiler ATM-Z **116**-4, mai 1939. III Gemischter Teiler ATM-Z **116**-5 iun 1939. IV Messwiderstände für hohe Stossspannugen und für hohe Stossströme ATM-Z **116**-3 febr. 1939.

[2] *Howard, P. R.* Error in recording surge voltage. In : Proc. of. the Inst, of Cl. Eng. part. **II**, vol. **99**, nr. 70, 1962, p. 371—383.

[3] *Stephanides, H.* Spannungsteiler für hohe Stossspannungen und ihre Anwendung und Messgenauigkeit. In : Scientia Electrica, Bd. **IV**, H. 2, S. 33—46.

[4] *Stephanides, H.* Messtechnische Probleme bei der Stossprüfung mit Voll. und abgeschittenen Wellen. In : E. u. M. **73**, 1956, p. 410—415.

[5] *Zingales, G.* Riduttori capacitivi per linee ad alta tensione. In : Elettrotecnica **49**, nr. 5, 1962, p. 319—326.

[6] *Galli, R.* Problèmes de mesure de la tension d'amorsage au choc des parafondres. In : Bul. Oerlikon, nr. 332, febr. 1959.

[7] *Romano, M. A.* Étude des diviseurs de tension en régime permanent. In : RGE **65**, 1956, p. 289—300.

[8] *Baatz, S, Böcker, H.* şi *Özkaya, M.* Die Eichung von Stossspannungsmesskreisen mittels Rechteck-Entladestoss. In : ETZ-A **79**, nr. 16, 1958, p. 553—560.

[9] *Ašner, A.* Neue Erkentnisse über die Messung sehr hoher rasch verändlicher Stossspannungen mittels Spannungsteiler, Promotionsarbeit T. H. Zürich, 1960.

[10] *Berger, K.* Neue Erkentnisse über das Verhalten und die Prüfung von Spannungsteilern zur Messung, sehr hohen, rasch verändlichen Stossspannungen. In : Bull. ASE **51**, nr. 16, 1960, p. 769—783.

[11] *Gary, C.* La mesure des hautes tensions de choc. Les diviseurs de tension. In : RGE, t. 69, oct 1960, p. 517—552.

[12] *Creed, F. C.* şi *Collins, M. C.* The measurement of shortduration impuls voltages. In : Trans. Inst. electr. & electronics (Comnun & Electronics) **82**, 1963, p. 621—629.

[13] *Schwab, A.* Ein Spannungsteiler grosser Banbreite für hohe Stossspannungen. In : ETZ-A **83**, nr. 2, 1964, p. 878—879.

[14] *Rodewald, A.* Über den Einfluss des Wellen-Widerstandes der Zuleitung auf das Rechtstoss-Übertragunsverhalten eines Stossspannungmesskreises. In : ETZ-A **86**, nr. 1, 1965, p. 24—25.

[15] CEI. Publication 60. Recommandation pour la technique des essais à haute tension.

[16] *Hortopan, Gh.* Tehnica impulsului în laboratorul de înaltă tensiune. Bucureşti, Ed. tehnică, 1965.

[17] *Gille, I. G., Decaulne, P.* şi *Pelegrin, M.* Théorie et calcul des asservissments. Paris, Dunod, 1958.

[18] *Gary, C.* La mesure des grandeurs électriques à variation ultrarapide. In : E. d. F., oct. 1963.

Intrat în redacţie la 30.III.1965.

Aspecte privind determinarea impedanţelor mutuale între circuitele învecinate

Anatol Carabulea* — Bucureşti

CZ 621.3.011.3 : 621.315.1.013.7

1. Formularea problemei

Dezvoltarea sistemelor electrice din R.P.R. atît în prezent, cît şi în perspectivă, implică apariţia unor situaţii de învecinare cu circuitele de telecomunicaţii. În structura reţelelor electrice trifazate apar linii monofazate tip U.C.P. (un conductor-pămînt) şi trifazate, nesimetrice prin construcţie, cu două conductoare aeriene, al treilea fiind pămîntul, şi linii electrice cu trei conductoare aeriene. Astfel de reţele electrice s-au construit şi în ţara noastră, fie ca linii magistrale, fie ca derivaţii. Practica a arătat că învecinările unor astfel de reţele electrice cu circuitele de telecomunicaţie trebuie studiate încă din faza proiectării, pentru a înlătura inconvenientele care pot să apară în timpul exploatării. Deoarece astfel de linii simetrice şi nesimetrice s-au extins în vecinătatea circuitelor de telecomunicaţii, şi neexistînd în literatură relaţiile de calcul ale impedanţelor mutuale dintre asemenea circuite învecinate, în proiectare se folosesc relaţiile Carson-Pollaczek.

Astfel pe baza consideraţiilor expuse într-o altă lucrare [1] şi folosindu-se unele observaţii din literatura de specialitate [2], [3], în acest articol se arată cum se obţin formule complete şi simplificate, de calcul, ale impedanţelor mutuale atunci cînd circuitele învecinate de telecomunicaţii sînt monofilare sau bifilare. De asemenea, se determină expresiile cît mai exacte (care duc la erori, practic, neglijabile) ale impedanţelor mutuale dintre liniile electrice trifazate şi circuitele învecinate monofilare şi bifilare de telecomunicaţii. Formulele Carson-Pollaczek dau erori de circa 6% şi se aplică numai pentru apropieri paralele. Au formă relativ simplă cînd pămîntul este perfect conducător. În caz contrar, relaţiile devin complicate, iar aplicarea lor necesită o serie de curbe precalculate. O încercare de simplificare a relaţiilor Carson-Pollaczek este arătată în literatură [4], admiţîndu-se expresia de calcul al impedanţei mutuale Carson-Pollaczek în ipoteza că pămîntul este perfect conducător, corectată prin intermediul coeficientului de reflexie a undelor la suprafaţa solului.

Atît forma complicată a relaţiilor Carson-Pollaczek, cît şi domeniul relativ restrîns de aplicabilitate, au determinat pe unii autori [2], [5] să plece de la funcţiile-originale ale lui Carson şi să deducă unele relaţii simplificate pentru calculul impedanţei mutuale în cazul apropierilor paralele oblice şi la încrucişări. Expresiile obţinute [2] dînd erori de 20%, aplicarea lor în diverse situaţii practice nu este

* Ing. *A. Carabulea* lucrează la Institutul politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej".

indicată, mai ales, atunci cînd se urmărește determinarea cu precizie a mărimilor periculoase și perturbatoare, induse.

În cele ce urmează se arată cum se poate păstra forma simplificată a expresiilor din literatură [2], la care se poate reduce eroarea de la 20% la o eroare mai mică sau egală cu eroarea de 6%, dată de relațiile Carson-Pollaczek.

2. Deducerea relațiilor de calcul ale impedanțelor mutuale între liniile electrice. Un conductor pămînt; două conductoare pămînt și circuitele monofilare și bifilare de telecomunicații

2. 1. *Învecinarea a două linii monofilare*

Impedanța mutuală dintre linia inductoare și cea supusă inducției se deduce făcînd raportul dintre tensiunea longitudinală indusă în circuitul de telecomunicație și curentul liniei de energie.

$$Z_{1-I} = \frac{E_I}{I_1} = (Z'_{1-I} + Z''_{1-I})\ \Omega/\text{km}, \qquad (1)$$

în care indicii romani se referă la circuitele de telecomunicații, iar cei arabi la liniile de energie;

Z''_{1-I} — impedanța mutuală în ipoteza că pămîntul ar fi perfect conductor;

Z'_{1-I} — impedanța care ține seamă de rezistivitatea finită a solului și de influența efectului de suprafață. Relația simplificată de calcul pentru Z''_{1-I} are forma:

$$|Z''_{1-I}| = \frac{j\omega\mu_0}{2\pi} \cdot \ln \frac{D''_{1-I}}{d_{1-I}}\ ,\ \Omega/\text{km} \qquad (2)$$

în care:

j este $\sqrt{-1}$;
$\omega = 2\pi f$;
f — frecvența curentului inductor;
μ_0 — permeabilitatea mediului $= 4\pi \cdot 10^{-7}$, H/m;

distanțele D''_{1-I} și d_{1-I} se pot urmări în figura 1.

Pentru cazul unui sol omogen, cu rezistivitate constantă prin neglijarea curenților de deplasare în pămînt, se poate scrie expresia impedanței mutuale Z'_{1-I} prin modificarea formulelor din literatură [3] sub forma:

$$Z'_{1-I} = \frac{j\omega\mu_0}{2\pi} \int_0^\infty \frac{2 \cdot e^{-\lambda(h_1 + h_I)}}{\lambda + \sqrt{\lambda^2 + \beta^2}} \cos \lambda a_{1-I}\, d\lambda, \qquad (3)$$

în care λ este variabila de integrare, și depinde de rezistivitatea solului și de depărtarea dintre linii, iar β este constanta de atenuare a undelor în sol. Aceste mărimi se determină cu ajutorul relațiilor:

$$\lambda = \sqrt{a^2_{1-I} + h_1^2 + h_I^2} \cdot \sqrt{4\pi \frac{\omega}{\rho}};$$

$$\beta = \frac{1 + j}{h_0} = \sqrt{\frac{j\omega\mu_0}{\rho}}, \qquad (4)$$

în care h_0 este adîncimea echivalentă de pătrundere a curentului în pămînt la care unda electromagnetică se atenuează de 2,72 ori. Făcînd rațional numitorul și înlocuind funcția

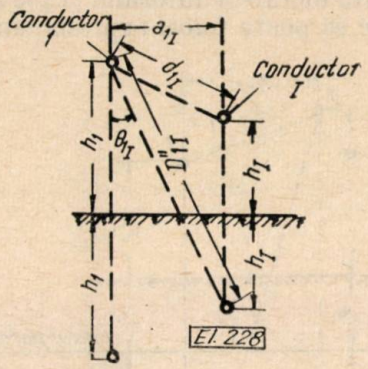


Fig. 1. Poziția geometrică a conductoarelor liniilor de energie și de telecomunicații, fără a ține seama de h_0.

trigonometrică cu cea exponențială se obține o integrală de forma:

$$Z'_{1-I} = \frac{j\omega\mu_0}{2\pi} \int_0^\infty \frac{1}{\beta} \left[\sqrt{\frac{\lambda^2}{\beta^2} + 1} \frac{\lambda}{\beta} \right] [e^{-\lambda k_1} + e^{-\lambda k_2}]\, d\lambda \qquad (5)$$

în care

$k_1 = (h_1 + h_I + j\, a_{1-I})$; $k_2 = (h_1 + h_I - j a_{1-I})$.

Efectuarea integralei (5), a cărei limită superioară este infinită, poate duce la erori mari din cauza penultimului termen de sub integrală. Prin înlocuirea [2] funcției respective printr-o funcție de forma:

$$f\left(\frac{\lambda}{\beta}\right) = \frac{\beta}{2\lambda}(1 - e^{-\frac{2\lambda}{\beta}}) \qquad (6)$$

nu se obțin erori apreciabile, întrucît la creșterea limitei superioare a integralei la infinit funcția tinde spre zero. Datorită funcției exponențiale integrala este convergentă. Dacă se fac calculele, se obține expresia impedanței mutuale dintre două linii cu întoarcere prin pămînt sub forma:

$$|Z_{1-I}| = \frac{j\omega\mu_0}{4\pi} \cdot \ln \frac{a^2_{1-I} + (h_1 + h_I + 2h_0)^2}{a^2_{1-I} + (h_1 - h_I)^2}, \ \Omega/\text{km}. \qquad (7)$$

La determinarea acestei impedanțe nu s-a ținut seamă de influența cîmpului longitudinal în aer, a cîmpului electric transversal în pămînt și a curenților de deplasare în sol. Soluțiile problemei, ținînd seamă de cele arătate, sînt date în literatură, aplicarea lor în practică fiind însă anevoioasă, din cauza relațiilor prea complicate.

Aplicarea relației (7) duce la erori de peste 20%, mai ales în cazul rezistivității sporite a solului și pentru frecvențe înalte.

Pentru a se putea aplica relația (7), care necesită un volum redus de calcule față de relația

Carson-Pollaczek, se va modifica valoarea mărimilor variabile care intervin, astfel încît eroarea de calcul să fie mai mică sau cel mult egală cu 6%.

Într-o altă lucrare a autorului [1] se arată modul în care se poate folosi expresia simplificată

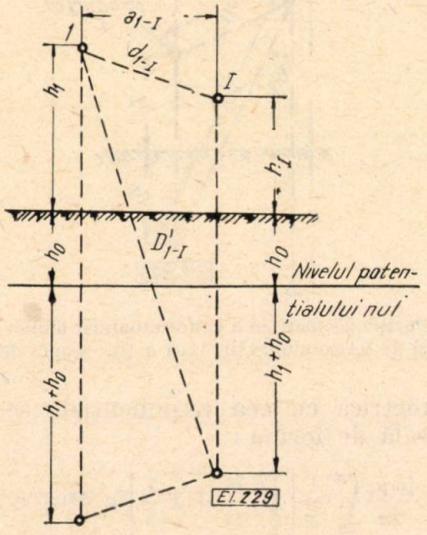


Fig. 2. Poziţia geometrică a conductoarelor liniei inductoare şi a celei induse ţinînd seama de nivelul potenţialului nul.

a relaţiei (7) modificată astfel încît să se aplice cu erori minime în practica proiectării şi exploatării circuitelor învecinate.

Modulul impedanţei mutuale, recomandat [1] a se folosi în calcule uzuale, se poate pune sub forma :

$$|Z_{1-I}| = k_1 \lg \frac{\sqrt{a_{1-I}^2 + (h_1 + h_I + 2kh_0)^2}}{d_{1-I}}; \qquad (8)$$

$k_1 = \frac{f}{350} = 0{,}142$, cînd frecvenţa curentului influenţător $f = 50$ Hz;

$k_1 = \frac{f}{350} = 2{,}28$, cînd frecvenţa $f = 800$ Hz.

Mărimile care intervin în relaţia (8) pot fi urmărite în figura 2.

Din studierea structurii relaţiei (7) a formulei date de Carson-Pollaczek pentru determinarea impedanţei mutuale între două linii cu întoarcere prin pămînt s-a observat că eroarea de 20%, în cazul relaţiei (7), faţă de eroarea 6% a relaţiei Carson-Pollaczek, constă în faptul că, la autorii citaţi, considerarea adîncimii echivalente de pătrundere a curentului prin pămînt (h_0) se face în mod diferit.

Din relaţia (8) se observă că mărimea (h_0) a fost modificată prin intermediul unui coeficient (k), a cărui valoare variază în funcţie de depărtarea dintre linii la o rezistivitate considerată şi pentru frecvenţa intervenită în cazul influenţelor periculoase şi perturbatoare. Valorile coeficientului (k) sînt date în literatură [1] pentru o rezistivitate $\rho = 10^2\ \Omega - m$ şi $f = 50$ Hz, în ipoteza determinării lui h_0 cu relaţia dată de Kostenko. Dacă se calculează h_0 cu expresia (8') atunci $2k = 1{,}4-3{,}1$ pentru cele mai frecvente depărtări întîlnite în practică.

$$h_0 = 500 \sqrt{\frac{\rho}{f}}, \text{ (m)}. \qquad (8')$$

Pentru frecvenţa de 800 Hz se poate lucra cu valoarea mărimii $2k = 1{,}85$.

2. 2. *Învecinarea unei linii electrice U.C.P. cu un circuit bifilar de telecomunicaţii*

Folosind noua formă a relaţiei de calcul (8) se pot deduce impedanţele mutuale dintre o linie electrică inductoare, un conducător pămînt (U.C.P.) şi un circuit bifilar de telecomunicaţie prin derivarea şi integrarea acestei expresii. Dacă circuitele învecinate prezintă o apropiere paralelă, atunci, derivînd relaţia (8) în raport cu depărtarea (a) dintre linii, se obţine :

$$|Z_{1-I-II}| = k' \frac{d_{1-II}}{a_{1-I}} \cdot \frac{h_1(h_I + kh_0) + (h_0 kh_I + k^2 h_0)}{a_{1-I}^2 + (h_1 + h_I + 2k h_0)^2}, \ \Omega/\text{km}, \qquad (9)$$

în care $k' = 0{,}25$, pentru $f = 50$ Hz, şi $k' = 4$, pentru $f = 800$ Hz. În cazul apropierilor oblice, caracterizate prin unghiul α, impedanţa mutuală se obţine prin integrarea expresiei (8) şi are forma :

$$|Z_{1-I-II}| = \frac{d_{1-II}}{\cos\alpha} \cdot \frac{|Z_{1-I}(a_{min}) - Z_{1-I}(a_{max})|}{(a_{max} - a_{min})}. \qquad (10)$$

În cazul intersecţiilor, mărimile induse se compensează, reciproc, ceea ce implică apariţia unei impedanţe mutuale, de valoare mică, practic neglijabilă.

În cazul situării conductoarelor liniei de telecomunicaţie în plan vertical, derivarea se face în raport cu (h_I) şi este uşor de obţinut relaţia de calcul, dacă se ţine seamă de indicaţiile din literatura [1], [2], [3].

2. 3. *Învecinarea reţelelor electrice două conductoare pămînt, cu circuite monofilare de telecomunicaţie*

Impedanţa mutuală dintre o linie electrică, două conductoare pămînt (D.C.P.) şi un circuit bifilar şi monofilar de telecomunicaţie se obţine plecînd de la relaţii de forma :

$$\boldsymbol{E}_I = (Z_{R-I} \cdot \boldsymbol{I}_R + Z_{S-I} \cdot \boldsymbol{I}_S)\, l_p,$$
$$\boldsymbol{E}_{II} = (Z_{R-II} \cdot \boldsymbol{I}_R + Z_{S-II} \cdot \boldsymbol{I}_S)\, l_p, \qquad (11)$$

în care $\boldsymbol{I}_R$ şi $\boldsymbol{I}_S$ sînt curenţii din fazele aeriene (R şi S) ale liniei electrice; l_p — lungimea de paralelism, iar E_I şi E_{II} sînt tensiunile longitudinale induse în linia de telecomunicaţie. Scăzînd mărimile date de relaţia (11) şi ţinînd seamă de decalajul curenţilor liniei de energie, în

ipoteza neglijării părţii reale a operatorului rotitor (a), se obţine expresia :

$$|Z_{DCP-I-II}| = \frac{k'' d_{RS} \cdot d_{I-II}}{a^2} \cdot \frac{[h_1 h_I + k h_0 (h_1 + h_I) + k^2 h_0^2]}{a^2 + (h_1 + h_I + 2k h_0)^2} \quad (12)$$

$k'' = 0{,}21$, cînd $f = 50$ Hz şi $k'' = 3{,}4$, cînd $f = 800$ Hz, în care d_{RS} este distanţa dintre fazele aeriene R şi S ale liniei inductoare, iar d_{I-II} este distanţa dintre conductoarele circuitului de telecomunicaţie învecinat.

Dacă se ţine seamă şi de partea reală a operatorului (a), se obţine o expresie de forma :

$$|Z_{DCP-I-II}| = \frac{k'' \cdot d_{RS} \cdot d_{I-II}}{a^2} \cdot \frac{(h_1 + k h_0)(h_I + k h_0)\,[3a^2 + (h_1 + h_I + 2k h_0)^2]}{a^2 + (h_1 + h_I + 2k h_0)^2} \quad (13)$$

Impedanţa mutuală dintre o reţea electrică două conductoare pămînt şi un circuit monofilar de telecomunicaţie se determină plecînd de la relaţia tensiunii longitudinale ($\boldsymbol{E}_I$) scrisă sub forma (11).

În cazul neglijării părţii reale a operatorului (a) se obţine relaţia :

$$|Z_{RS-I}| = \frac{k' d_{RS}}{a} \cdot \frac{[h_1 h_I + k h_0^2 + k h_0 (h_1 + h_I)]}{a^2 + (h_1 + h_I + 2k h_0)^2} \quad (14)$$

Relaţiile (12), (13) şi (14) se dau pentru cazul apropierilor paralele. În literatură [1], [7] se indică relaţii simplificate pentru apropieri oblice şi încrucişări.

2. 4. *Învecinarea unei linii trifazate cu un circuit monofilar de telecomunicaţie*

Pentru o linie cu trei conductoare aeriene prin care curg curenţii I_R, I_S, I_T, decalaţi la 120°, impedanţa mutuală faţă de linia monofilară se determină plecînd de la relaţia :

$$\boldsymbol{E}_I = [Z_{R-I} \cdot \boldsymbol{I}_R + Z_{S-I} \cdot \boldsymbol{I}_S + Z_{T-I} \cdot \boldsymbol{I}_T]. \quad (15)$$

Ţinînd seamă de decalajul curenţilor ($\boldsymbol{I}_R = a\,\boldsymbol{I}_S$ şi $\boldsymbol{I}_T = a^2\,\boldsymbol{I}_S$) prin înlocuirea în relaţia (15) şi prin neglijarea părţii reale a operatorului rotitor (a) se obţine expresia :

$$|Z_{RST-I}| = \frac{k'' d_{RT}}{a} \cdot \frac{(h_1 + k h_0)(h_I + k h_0)}{a^2 + (h_1 + h_I + 2k h_0)^2}, \quad (16)$$

în care d_{RT} este distanţa dintre conductoarele extreme ale liniei trifazate cu conductoarele aşezate în acelaşi plan.

În cazul considerării părţii reale a operatorului rotitor (a), impedanţa dintre linia trifazată şi circuitul monofilar de telecomunicaţie se calculează folosind relaţia :

$$|Z_{RST-I}| = 0{,}5\,[(Z_{S-I} - Z_{R-I}) + (Z_{S-I} - Z_{T-I}) + \mathrm{j}\sqrt{3}\,Z_{TR-I}]. \quad (17)$$

Plecînd de la expresiile impedanţelor care intervin în relaţia (17) se pot scrie, relativ simplu, impedanţele mutuale pentru cazurile apropierilor paralele dintre liniile trifazate şi circuitele monofilare şi bifilare de telecomunicaţii. Astfel, după înlocuiri, se obţine expresia :

$$|Z_{RST-I}| = 0{,}5\,(d_{RS} + d_{ST} + \mathrm{j}\sqrt{3}\,d_{TR}) \frac{k'}{a} \cdot \frac{(h_1 + k h_0)(h_I + k h_0)}{a^2 + (h_1 + h_I + 2k h_0)^2}. \quad (18)$$

Cînd linia electrică trifazată are conductoarele aşezate în vîrfurile unui triunghi echilateral, se poate scrie :

$$d_{RS} = d_{ST} = d_{TR} = d_{RS}. \quad (19)$$

În acest caz relaţia (18) se modifică şi capătă forma :

$$|Z_{RST-I}| = \frac{k_2 \cdot d_{RS}}{a} \cdot \frac{h_1 h_I + k h_0 (h_1 + h_I) + k^2 h_0^2}{a^2 + (h_1 + h_I + 2k h_0)^2}, \quad (20)$$

în care $k_2 = 0{,}35$ pentru $f = 50$ Hz şi $k_2 = 5{,}3$ pentru $f = 800$ Hz. Depărtarea dintre cele două linii se consideră ca fiind distanţa (a) dintre centrul de simetrie al triunghiului echilateral şi conductorul circuitului de telecomunicaţii.

Considerînd că linia de energie are conductoarele aşezate în acelaşi plan, se poate scrie :

$$d_{RT} = 2d_{RS} \text{ şi } d_{RS} = d_{ST}. \quad (21)$$

În această situaţie relaţia (18) capătă forma :

$$|Z_{RST-I}| = \frac{f \cdot d_{RS}}{100\,a} \cdot \frac{(h_1 + k h_0)(h_I + k h_0)}{a^2 + (h_1 + h_I + 2k h_0)^2}; \quad (22)$$

expresia (22) se mai poate pune sub forma :

$$|Z_{RST-I}| = \frac{k_3 \cdot d_{RS}}{a} \cdot \frac{h_1 h_I + k h_0 (h_1 + h_I) + k^2 h_0^2}{a^2 + (h_1 + h_I + 2k h_0)^2}, \quad (23)$$

în care $k_3 = 0{,}5$ pentru $f = 50$ Hz şi $k_3 = 8$ pentru $f = 800$ Hz. Depărtarea (a) dintre cele două circuite învecinate se consideră între stîlpul liniei de energie şi conductorul de telecomunicaţii.

Dacă linia electrică trifazată se învecinează cu un circuit bifilar de telecomunicaţie, atunci se pot scrie relaţiile în forma :

$$(\boldsymbol{E}_I - \boldsymbol{E}_{II}) = (Z_{R-I} \cdot \boldsymbol{I}_R + Z_{S-I} \cdot \boldsymbol{I}_S + Z_{T-I} \cdot \boldsymbol{I}_T) - (Z_{R-II} \cdot \boldsymbol{I}_R + Z_{S-II} \cdot \boldsymbol{I}_S + Z_{T-II} \cdot \boldsymbol{I}_T). \quad (24)$$

Ţinînd seamă de decalajul curenţilor, în urma înlocuirilor, rezultă :

$$(Z_{RST-I-II}) = (Z_{RST-I} - Z_{RST-II}) = \frac{(\boldsymbol{E}_I - \boldsymbol{E}_{II})}{\boldsymbol{I}_S}, \quad (25)$$

în care :

$$Z_{RST-I} = 0{,}5\,[Z_{SR-I} + Z_{ST-I} + j\sqrt{3}\,Z_{TR-I}];$$

$$Z_{RST-II} = 0{,}5\,[Z_{SR-II} + Z_{ST-II} + j\sqrt{3}\,Z_{TR-II}]. \quad (26)$$

În baza relației (25), impedanța mutuală pentru cazul considerat se scrie astfel :

$$Z_{RST-I-II} = 0{,}5[Z_{RS-I-II} + Z_{ST-I-II} + j\sqrt{3}\,Z_{TR-I-II}]. \quad (27)$$

După înlocuirea valorilor impedanțelor care intervin în relația (27) rezultă :

$$Z_{RST-I-II} = 0{,}5\,[d_{RS} + d_{ST} + j\sqrt{3}\,d_{TR}]\cdot$$

$$\cdot\frac{k'\,d_{I-II}}{a^2}\cdot\frac{(h_1+kh_0)(h_I+kh_0)\,[3a^2+(h_1+h_I+2kh_0)^2]}{[a^2+(h_1+h_I+2kh_0)^2]^2}\cdot \quad (28)$$

Dacă linia electrică are conductoarele așezate în vîrfurile unui triunghi echilateral, relația (28) capătă forma :

$$|Z_{RS-I-II}| = \frac{k_4\,d_{RS}\cdot d_{I-II}}{a^2}\cdot$$

$$\cdot\frac{(h_1+kh_0)(h_I+kh_0)\,[3a^2+(h_1+h_I+2kh_0)^2]}{[a^2+(h_1+h_I+2kh_0)^2]^2}, \quad (29)$$

în care $k_4 = k_2 = 0{,}35$, cînd $f = 50$ Hz și $k_4 = k_2 = 5{,}3$, cînd $f = 800$ Hz.

Cînd linia de energie învecinată are conductoarele așezate în același plan, atunci, ținînd seamă de relația (21) și prin modificarea expresiei (28), se obține :

$$|Z_{RST-I-II}| = \frac{k_5\cdot d_{RS}\cdot d_{I-II}}{a^2}\cdot$$

$$\cdot\frac{(h_1+kh_0)(h_I+kh_0)\,[3a^2+(h_1+h_I+2kh_0)^2]}{[a^2+(h_1+h_I+2kh_0)^2]^2}, \quad (30)$$

în care $k_5 = k_3 = \frac{f}{100} = 0{,}5$, pentru $f = 50$ Hz și $k_5 = k_3 = 8$, pentru $f = 800$ Hz.

Pentru cazurile examinate, conductoarele circuitului bifilar de telecomunicație s-au considerat așezate în plan orizontal.

În cazul unei așezări oarecare a conductoarelor liniei inductoare relațiile (20) și (28) se scriu astfel :

$$|Z_{RST-I}| \cong \frac{k'\,\delta}{a}\cdot\frac{(h_1+kh_0)\cdot(h_I+kh_0)}{a^2+(h_1+h_I+2kh_0)}; \quad (31)$$

$$|Z_{RST-I-II}| \cong \frac{k'\,\delta\cdot d_{I-II}}{a^2}\cdot$$

$$\cdot\frac{(h_1+kh_0)(h_I+kh_0)\,[3a^2+(h_1+h_I+2k\,h_0)^2]}{[a^2+(h_1+h_I+2kh_0)^2]^2}, \quad (32)$$

în care (δ) reprezintă distanța medie geometrică dintre conductoarele liniei de energie calculabilă cu relația :

$$\delta = \sqrt[3]{d_{RS}\cdot d_{ST}\cdot d_{RT}}. \quad (33)$$

Relațiile deduse în cadrul acestui articol pot fi aplicate și în cadrul apropierilor oblice, dacă depărtarea dintre liniile învecinate se calculează cu relații de forma :

$$a = \frac{a'+a''}{2}, \text{ pentru } a' \leqslant a'' \leqslant 2a';$$

$$a = \sqrt{a'\cdot a''}, \text{ pentru } a' \leqslant a'' \leqslant 3a'; \quad (34)$$

$$a = \frac{a'+2a''}{3}, \text{ pentru } a' \leqslant a'' \leqslant 5a',$$

în care (a') și (a'') sînt depărtările la cele două capete ale porțiunii oblice de apropiere. În literatură [2] se indică modul în care se calculează impedanțele mutuale dintre liniile învecinate, cînd conductoarele circuitului de telecomunicație sînt așezate în plan vertical.

Spre deosebire de expresiile de calcul ale impedanțelor mutuale date în literatură [5], [2], relațiile de calcul indicate în articol sînt mai complete și duc la obținerea unor rezultate mai apropiate de realitate.

În anexă se dau expresii suplimentare ale impedanțelor mutuale deduse [1], comparîndu-se cu cele din literatură pe baza unui exemplu de calcul.

3. Concluzii

Folosind unele relații din literatură s-a urmărit obținerea unor expresii complete și simplificate, care dau erori relativ reduse și se aplică ușor în practica de proiectare și exploatare a circuitelor învecinate.

Relațiile pentru determinarea impedanțelor mutuale dintre liniile electrice : un conductor pămînt ; două conductoare pămînt ; linie trifazată cu trei conductoare aeriene și circuitele învecinate monofilare și bifilare de telecomunicație, avînd o formă inedită, pot forma punctul de plecare în scrierea expresiilor de calcul al mărimilor periculoase și perturbatoare induse în cazul diverselor situații de apropieri.

Eroarea de circa 20% obținută la calculul impedanțelor mutuale prin aplicarea relațiilor din literatură [2], [5] rezultă din faptul că la deducerea lor s-a neglijat partea reală a operatorului rotitor (a) și s-au considerat valori diferite pentru adîncimea echivalentă a curentului prin pămînt.

Relațiile deduse în acest articol au fost, parțial, supuse verificărilor experimentale în cadrul altei lucrări a autorului [1] și constituie expresii inedite, complete și simplificate, care se pot aplica fără dificultăți în practica de proiectare și exploatare a circuitelor învecinate.

ANEXĂ

Pentru a înlesni aplicarea relațiilor deduse [1] și a veni în ajutorul practicii de proiectare și exploatare a circuitelor învecinate se dau o serie de relații simplificate după cum urmează :

a) După Pollaczek :

$$Z_{1-I} \cong \omega M_{1-I} \cong \omega \left[\ln \frac{a_{1-I}^2 + (h_1 + h_I)^2}{a_{1-I}^2 + (h_1 - h_I)^2} \right] + + \alpha_1 - j\,(\alpha_1 + \alpha_2) \cdot 10^{-4},\ \Omega/\text{km}, \qquad (A-1)$$

$$\alpha_1 = \frac{10\,(h_1 + h_I)}{a_{1-I}^2 \sqrt{0{,}1 \cdot \sigma \cdot f}}\ ; \quad \alpha_2 = \frac{510}{a_{1-I}^2 \sigma \cdot f}\ .$$

b) După Carson :

$$Z_{1-I} \cong \omega M_{1-I} \cong \omega \left[4P + j \left(Q + 2 \ln \frac{D'_{1-I}}{d_{1-I}} \right) \right] 10^{-4}, \Omega/\text{km}. \qquad (A-2)$$

Se aplică numai pentru apropieri paralele.

c) După Carson-Pollaczek (STAS 832–49) :

$$Z_{1-I} \cong \omega M_{1-I} \cong \omega \left\{ 2 \ln \frac{\sqrt{a_{1-I}^2 + (h_1 + h_I)^2}}{\sqrt{a_{1-I}^2 + (h_1 - h_I)^2}} - - 4j\,[P(\lambda_1 \theta) + jQ(\lambda_1 \theta)] \right\} 10^{-4},\ \Omega/\text{km}, \qquad (A-3)$$

$$\lambda_1 = \sqrt{a_{1-I}^2 + (h_1 + h_I)^2} \cdot \sqrt{4 \cdot \pi \cdot \mu_0 \cdot \sigma \cdot \omega},$$

în care :

$$\theta = \text{arc tg} \frac{a_{1-I}}{h_1 + h_I};$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7},\ \text{H/m}\ ; \quad \sigma = \frac{1}{\rho}\ ; \quad \omega = 2\pi f\ ;$$

P și Q sînt date în STAS 832–49.

d) După Kostenko :

$$Z_{1-I} \cong \omega M_{1-I} = = 2\omega \cdot 10^{-4} \ln \frac{\sqrt{a_{1-I}^2 + \left(h_1 + h_I + 2.400 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \right)^2}}{\sqrt{a_{1-I}^2 + (h_1 - h_I)^2}}, \ \Omega/\text{km}. \qquad (A-4)$$

e) După relațiile din articol :

$$Z_{1-I} \cong \omega M_{1-I} = \frac{f}{700} \cdot \lg \frac{a_{1-I}^2 + (h_1 + h_I + 2kh_0)^2}{a_{1-I}^2 + (h_1 - h_I)^2}, \ \Omega/\text{km}. \qquad (A-5)$$

În cazul învecinării unei linii inductoare monofazate (U.C.P.) cu un circuit bifilar de telecomunicație, relațiile simplificate au forma :

a) Circuit de telecomunicație așezat pe traverse :

$$Z_{1-I-II} \cong \omega M_{1-I-II} \cong - \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot a_{1-I} \cdot d_{I-II}}{a_{1-I}^2 + (h_1 - h_I)^2}, \ \Omega/\text{km}. \qquad (A-6)$$

Se aplică în special, pentru apropieri mult mai mici decît 100 m. Dacă apropierile dintre linii depășesc 100 m, atunci se poate aplica relația :

$$Z_{1-I-II} \cong \omega M_{1-I-II} \cong \omega \left[- \frac{4 h_1 h_1}{a_{1-I-II}^2} - - \alpha_1 + j\,(\alpha_1 + \alpha_2) \frac{2 d_{1-II}}{a_{1-I-II}} \right] \cdot 10^{-4},\ \Omega/\text{km}. \qquad (A-7)$$

b) Circuit de telecomunicație așezat pe suporți curbi :

$$Z_{1-I-II} \cong \omega M_{1-I-II} \cong \left[\frac{(2h_1 - h_I)\omega}{a_{1-I-II}^2 + (h_1 - h_1)^2} - - j\ 11{,}87 \sqrt{\sigma f} \cdot e^{j\,0{,}75\,\pi}\, \omega \right] h' \cdot 10^{-4},\ \Omega/\text{km}, \qquad (A-8)$$

$h' = (h_I - h_{II}) = d_{I-II}$, distanța dintre cele două conductoare aeriene.

Relația (A – 8) se aplică pentru apropieri ce nu depășesc 100 m.

În cazul apropierilor mai mari decît 100 m se aplică relația :

$$Z_{1-I-II} \cong \omega M_{1-I-II} \cong \left[\frac{4 h_1}{a_{1-I-II}^2} + + \frac{\alpha_1}{h_1 + h_I} - j \frac{\alpha_1}{h_1 + h_I} \right] d_{I-II} \cdot 10^{-4},\ \Omega/\text{km}. \qquad (A-9)$$

Dacă se aplică relația (9) din text se obține :

$$Z_{1-I-II} \cong k' \frac{d_{I-II}}{a_{1-I}} \cdot \frac{k^2 \cdot h_0^2}{a_{1-I}^2 + 4h^2 \cdot h_0^2} = = k'_1 \frac{d_{I-II} \cdot k^2 \cdot h_0^2}{a_{1-I}(a_{1-I}^2 + 4k^2 h_0^2)}, \ \Omega/\text{km}. \qquad (A-10)$$

În cazul învecinărilor a două circuite bifilare sau în cazul cînd circuitul inductor este o linie electrică două conductoare pămînt, iar cel supus inducției este un circuit monofilar sau bifilar de telecomunicație, relațiile simplificate au forma :

$$Z_{12-I-II} \cong \omega M_{12-I-II} = 2 \cdot \omega \cdot 10^{-4} \cdot \ln \frac{(a_{1-I} + d_{I-II} + d_{12})(a_{1-I})}{(a_{1-I} + d_{12})(a_{1-I} + d_{I-II})}, \ \Omega/\text{km}. \qquad (A-11)$$

Relația (A – 11) se poate modifica după cum urmează :

a) pentru apropieri strînse $|ka| < 0{,}25$:

$$Z_{12-I-II} \cong \omega M_{12-I-II} \cong \frac{2 d_{I-II} \cdot d_{12}}{a_{1-I}^2} \cdot 10^{-4},\ \Omega/\text{km}\ ; \qquad (A-12)$$

b) pentru apropieri medii $0{,}25 > |ka| < 1$:

$$Z_{12-I-II} \cong \omega M_{12-I-II} = \omega \cdot 10^{-4} \left[1 - \left(\frac{a_{12-I-II}}{a_{12-I-II} + d_{12}} \right)^3 \right] \cdot \left[- \frac{4 h_1 \cdot h_I}{a_{1-I}^2} - \alpha_1 + j\,(\alpha_1 + \alpha_2) \frac{2\,d_{I-II}}{a_{1-I}} \right], \ \Omega/\text{km}\ ; \qquad (A-13)$$

c) pentru apropieri largi $|ka| > 1$:

$$Z_{12-I-II} \cong \omega M_{12-I-II} = \frac{24\,\omega\, d_{I-II} \cdot d_{12}}{|ka|^2 \cdot a_{1-I}^2} \cdot 10^{-4}, \Omega/\text{km}, \qquad (A-14)$$

$$|k| = 0{,}28 \sqrt{0{,}1\,\sigma \cdot f}.$$

Dacă linia electrică învecinată este de tipul două conductoare pămînt, atunci impedanțele mutuale se determină cu relații de forma :

$$Z_{RS-I-II} = \frac{k' \cdot d_{RS} \cdot d_{I-II} \cdot k^2 \cdot h_0^2}{a_{1-I}^2 (a_{1-I}^2 + 4k^2 \cdot h_0^2)}, \ \Omega/\text{km}, \quad (A-15)$$

$$Z_{RS-I} = \frac{k'' \cdot d_{RS} \cdot k^2 \cdot h_0^2}{a_{1-I} [a_{1-I} + 4k^2 \cdot h_0^2]}, \ \Omega/\text{km}. \quad (A-16)$$

În cazul învecinării unei linii electrice trifazate cu un circuit de telecomunicație se aplică relațiile din literatura [5] sub forma :

a) Apropieri strînse :

$$Z_{RST-I} \cong \omega M_{RST-I} = \frac{3{,}46 \cdot \omega \cdot 10^{-4}}{a} \cdot \delta, \ \Omega/\text{km}. \quad (A-17)$$

b) Apropieri medii :

$$Z_{RST-I} \cong \omega M_{RST-I} = 1{,}73\omega \left[-\frac{4h_1 h_I}{a^2} - \alpha_1 + \right.$$

$$\left. + j(\alpha_1 + \alpha_2) \cdot \frac{2\delta}{a} \right] \cdot 10^{-4}, \ \Omega/\text{km}. \quad (A-18)$$

c) Apropieri largi :

$$Z_{RST-I} \cong \omega M_{RST-I} = \frac{41{,}15 \cdot 10^{-4} \cdot \delta \cdot \omega}{a \sqrt{0{,}1 \cdot \sigma \cdot f}}, \ \Omega/\text{km}. \quad (A-19)$$

Dacă circuitul de telecomunicație este bifilar, atunci relațiile din literatura [5] se pun sub forma :

a) Apropieri strînse :

$$Z_{RST-I-II} \cong \frac{3{,}46 \, d_{I-II} \, \delta}{a^2} \cdot \omega \cdot 10^{-4}, \ \Omega/\text{km}. \quad (A-20)$$

b) Apropieri medii :

$$Z_{RST-I-II} \cong \frac{41{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot d_{I-II}}{a^2} \delta \cdot \omega \left\{ \frac{1}{|ka|^2} [1 - \right.$$

$$\left. - |ka| k_1(|ka|)] - \frac{|ka|}{6} k_1(|ka|) - \frac{k_0}{2}(|ka|) \right\}, \ \Omega/\text{km}. \quad (A-21)$$

c) Apropieri largi :

$$Z_{RST-I-II} \simeq \omega M_{RST-I-II} = \frac{41{,}5 \cdot d_{I-II} \cdot \delta \cdot 10^{-4} \omega}{|ka|^2 \, a^2}, \ \Omega/\text{km}. \quad (A-22)$$

Relațiile (16) — (32) date în articol au următoarele forme simplificate :

$$Z_{RST-I} = k'' \frac{d_{RT} \cdot k^2 \cdot h_0^2}{a(a^2 + 4k^2 \cdot h_0^2)} \ \Omega/\text{km}, \quad (A-23)$$

d_{RT} este destinația dintre conductoarele extreme ale liniei de energie situate în același plan.

Dacă linia inductoare are conductoarele așezate în vîrful unui triunghi echilateral, atunci se poate scrie :

$$Z_{RST-I} = \frac{k^2 \cdot d_{RS}}{a} \cdot \frac{k^2 h_0^2}{(a^2 + 4k^2 \cdot h_0^2)}, \ \Omega/\text{km}. \quad (A-24)$$

Relația (A—24) s-a stabilit neglijîndu-se partea reală a operatorului rotitor (a) din teoria componentelor simetrice. Dacă se consideră și partea reală a acestui operator, atunci rezultă :

$$Z_{RST-I-II} = \frac{k_4 \cdot d_{RS} \cdot d_{I-II}}{a^2} \cdot \frac{k^2 \cdot h_0^2 (3a^2 + 4k^2 \cdot h_0^2)}{(a^2 + 4k \cdot h_0^2)^2}. \quad (A-26)$$

b) Conductoarele liniei de energie așezate în același plan :

$$Z_{RST-I-II} = \frac{k_5 \cdot d_{RS} \cdot d_{I-II}}{a^2} \cdot \frac{k^2 \cdot h_0^2 (3a^2 + 4k^2 \cdot h_0^2)}{(a^2 + 4k^2 h_0^2)^2}. \quad (A-27)$$

În cazul așezării oarecare a conductelor liniei de energie, relația simplificată de calcul are forma :

$$Z_{RST-I-II} = \frac{k_5 \cdot \delta \cdot d_{I-II}}{a^2} \cdot \frac{k^2 \cdot h_0^2 (3a^2 + 4k^2 h_0^2)}{(a^2 + 4k^2 \cdot h_0^2)^2}, \ \Omega/\text{km}. \quad (A-28)$$

Mărimile din relațiile (A—1) — (A—28) sînt sub formă de modul. Prin (a) s-a notat apropierea dintre circuitele învecinate trifazate și cele bifilare și monofilare de telecomunicație. Pentru relațiile (A—23) —(A—28) conductoarele circuitului supus inducției s-au considerat în același plan :

δ este media geometrică a distanțelor dintre conductoarele liniei trifazate, m ;

$k_1(ka)$ — funcția Bessel de speța I și ordinul II ;

$k_0(ka)$ — funcția Bessel de speța zero și de ordinul II.

Tabela T—A—1

Frecvența curentului inductor	Nr. curent al relației de calcul	Valorile impedanțelor în Ω/km pentru depărtarea (a) în metri între cele două linii învecinate				
		10 m	50 m	100 m	200 m	500 m
50 Hz	(A—3)	0,2748	0,196	0,1563	0,1137	0,065
	(A—5)	0,275	0,1961	0,1565	0,114	0,0645
800 Hz	(A—3)	3,25	1,676	1,10	0,650	0,1751
	(A—5)	3,23	1,674	1,08	0,640	0,175
f=50	(A—6)	$0{,}25.10^{-2}$	—	—	$0{,}6.10^{-2}$	—
	(A—10)	$0{,}246.10^{-2}$	—	—	$0{,}55.10^{-2}$	—
	(A—20)	$0{,}135.10^{-2}$	—	—	—	—
	(A—22)	—	$0{,}59.10^{-2}$	—	—	—
	(A—28)	$0{,}14.10^{-2}$	$0{,}61.10^{-2}$	—	—	—

Relaţiile de calcul ale impedanţelor mutuale în modul dintre două linii cu întoarcere prin pămînt pot căpăta forma :

$$Z_{1-I} = \frac{f}{700} \lg \frac{a_{1-I}^2 + 10^6 \cdot k^2 \frac{\rho}{f}}{a_{1-I}^2} =$$

$$= \frac{f}{700} \lg \frac{f \cdot a_{1-I}^2 + 10^6 \cdot k^2 \cdot \rho}{f \cdot a_{1-I}^2}, \ \Omega/\text{km}. \quad (A-29)$$

Dacă se adoptă :

$$\rho = 10^2 \ \Omega - \text{m}; \quad f = 50 \text{ Hz}; \quad h_1 = 6; \quad h_I = 8,$$

rezultă :

$$Z_{1-I} = \frac{5}{70} \lg \frac{a_{1-I}^2 + 2 \cdot 10^6 \cdot k^2}{a_{1-I}^2}, \ \Omega/\text{km}. \quad (A-30)$$

În cazul frecvenţelor $f = 800$ Hz şi pentru aceleaşi valori ale mărimilor h_1; h_I, se obţine :

$$Z_{1-I} = \frac{8}{7} \lg \frac{a_{1-I}^2 + 0{,}1345 \cdot 10^6 \cdot k^2}{a_{1-I}^2} \cdot \Omega/\text{km}. \quad (A-31)$$

Comparativ rezultatele de calcul se pot urmări în tabela T-A-1.

Relaţiile (A—6), (A—11), (A—12), (A—17), (A—18), (A—19), (A—20), (A—22) dau aceleaşi valori pentru mărimea (M_{1k}) în cazul frecvenţelor de 50 şi 800 Hz. În realitate, această mărime calculată la $f = 800$ Hz diferă de cea determinată pentru 50 Hz. Relaţiile complete şi simplificate date în articol înlătură aceste neajunsuri, avînd totodată o formă simplă şi uşor de aplicat în practică.

Bibliografie

[1] *Carabulea , A.* Influenţa reţelelor electrice două conductoare pămînt asupra circuitelor aeriene de telecomunicaţie. Teză de disertaţie, I. P. B., 1963.

[2] *Kostenko, M. V.* Impedanţe mutuale între liniile aeriene, luîndu-se în consideraţie efectul de suprafaţă în pămînt. In : Elektricestvo, nr. 10, 1955.

[3] *Carson, R. R.* Wave Propagation in overhead wires with ground Return. In : Bell. Syst. Techn. Journal, t. **5**, oct 1926, p. 539—555.

[4] *Condrea, S.* Inducţia mutuală dintre două linii cu întoarcere prin pămînt. In : Buletin I.P.B. **XXI**, ian-mart 1959, p. 119.

[5] *Mihailov, M. I.* Vlianie vnieşnih electromagnitnîie polei na ţepii provodnoi sveazi i zascilnîe meropriatia. Moscova, Sviazizdat, 1959.

[6] *Carabulea A.* Impedanţe şi scheme echivalente pentru sistemul două conductoare pămînt. Comunicare la sesiunea ştiinţifică a cadrelor didactice din I.P.B., 1957.

[7] *Carabulea A.* Influenţa reţelelor electrice nesimetrice asupra circuitelor învecinate de telecomunicaţie. In : Energetica, nr. 5, 1965, 6 tab., 4 fig., 17 ref. bibl.

Intrat în redacţie la 10. IX. 1964

Stand de probe reostatice pentru locomotive Diesel electrice

Ştefan Gliga* — Craiova

CZ 621.317.2 : 625.282—843.6

1. Generalităţi

Se ştie că după ultima fază de fabricaţie toate produsele, mai ales cele care se compun din mai multe agregate şi aparate a căror funcţionare se leagă reciproc, se supun unor serii de probe, înainte de darea lor în exploatare.

Aceste probe trebuie executate cu competenţă, întrucît se urmăreşte atingerea următoarelor trei scopuri :

— de a se constata dacă funcţionarea pe ansamblu este corectă, adică dacă toate aparatele ce compun agregatele respectă programarea funcţională conform schemei de automatizare ;

— dacă parametrii prevăzuţi în condiţiile tehnice din normele interne sau standardele produsului sînt în limitele admise ;

— pentru cazul cînd parametrii nu sînt în limitele admise de funcţionarea corectă, se creează posibilitatea unui reglaj corect, verificat prin probe în condiţii de reglaj optim.

Valoarea certificatului de calitate, care garantează funcţionarea produsului, depinde, în cea mai mare măsură, de modul cum s-au făcut probele, în special cele pentru reglajul de funcţionare la parametrii optimi.

Locomotivele Diesel electrice sînt formate dintr-un număr mare de agregate şi aparate cu funcţionare mecanică, termică şi electrică în diferite regimuri de sarcină, ceea ce impune condiţii de probe puţin întîlnite în literatura de specialitate.

Condiţionat de regimul de funcţionare al locomotivei Diesel electrice şi, mai ales, de situaţiile cînd locul de probe nu este stabil, proba putîndu-se face în hală sau pe linie, în afara uzinei, se impun pentru aceste verificări, în locul convertizoarelor rotative cu sau fără recuperare de energie, rezistenţe de sarcină, deoarece rezistenţele sînt mai uşor de executat, greutatea lor este relativ mică şi pot fi uşor deplasate, iar costul de întreţinere este de asemenea mic, mai ales că probele de reglaj cer un timp scurt de mers, cu porniri şi opriri dese.

În medie, o probă de reglaj şi măsurări pentru scoaterea caracteristicilor la agregatele

* *Şt. Gliga* este inginer proiectant principal la serv. Constructor şef — locomotive Diesel electrice, Uzinele „Electroputere".

locomotivei nu durează peste 8 h, din care 50% din timp motorul Diesel este oprit, iar probele se execută aproximativ egal pe fiecare dintre cele 24 trepte de putere. Pentru locomotiva de 2100 CP (1360 kW) energia consumată în condiţiile arătate este de circa 2700 kWh $\left(\frac{1360+10}{2} \times \frac{8}{2} = 2740 \text{ kWh}\right)$.

La probele de sarcină staţionară se pot folosi, în principiu, două soluţii constructive de rezistenţe :

— reostate cu apă ;

— reostate metalice, adică rezistenţe formate din elemenţi sau coloane de rezistenţe, care se grupează cu contactoare în diferite moduri pentru a obţine valorile dorite.

Reostatele cu apă au fost şi încă continuă să fie folosite pentru proba maşinilor electrice, oferind posibilitatea unui reglaj fin la probele de sarcină a grupurilor Diesel-generator de la locomotivele Diesel electrice. Deşi reostatele cu apă prezintă unele avantaje în ce priveşte reglajul fin al sarcinii pentru unităţi mari, totuşi ele prezintă următoarele dezavantaje importante :

— dezvoltă cantităţi mari de vapori ;

— necesită consum mare de apă ;

— electrozii suferă în timp scurt coroziuni puternice.

În comparaţie cu reostatele cu apă rezistenţele formate din sîrmă rotundă bobinată în spirală şi, în special cele din banda de metal, ocupă un spaţiu foarte mic ; în ceea ce priveşte greutatea sînt de circa 25 ori mai uşoare.

Rezistenţa din metal în formă de bandă prezintă avantaje datorită bunelor calităţi termice şi datorită greutăţii foarte reduse, ceea ce duce la construcţii de volum mic, siguranţă în funcţionare şi exploatare economică.

Din aceste considerante pentru standul de probe reostatice pentru locomotiva Diesel electrică de 2 100 CP, în vederea reglajului, s-a ales soluţia constructivă cu rezistenţe metalice.

Pentru dimensionarea reostatului ce se descrie s-a luat ca bază puterea de 1 800 kW la un curent maxim de 3 900 A la tensiunea de 460 — 480 V, respectiv U_{max} 920 V şi intensitatea 1960 A. Puterea de 1 800 kW la generatorul principal corespunde puterii de 2700 CP la motorul Diesel.

2. Probele şi regimurile de lucru ce se impun a fi realizate pe standul reostatic, pentru o locomotivă Diesel electrică de 2100 CP

În exploatare, locomotivele Diesel electrice trebuie să îndeplinească regimuri de lucru ce se impun şi pentru standul de probe, şi anume :

2.1. Să demareze în rampă sau aliniament cu tonajul maxim prescris, în care caz generatorul principal trebuie să debiteze pe perioada de pornire curentul maxim de 3900 A.

2.2. Pe măsură ce creşte viteza trenului remorcat trebuie să crească şi tensiunea la generatorul principal, astfel încît la viteza maximă cu poziţia controlerului la puterea nominală tensiunea generatorului să atingă valori maxime (890—950 V), iar curentul să scadă astfel încît produsul tensiune curent să rămînă constant.

2.3. Trenul fiind în viteză, mecanicul este obligat, din cauza profilului liniei, să manevreze controlerul pe poziţii inferioare poziţiei de putere nominală şi uneori chiar pe poziţia zero, fără ca viteza să scadă sub viteza avută la puterea nominală şi, de asemenea, să revină iar pe poziţii superioare treptei zero, mergînd pînă la poziţia puterii maxime a controlerului de comandă.

2.4. În perioada de demaraj, mai ales în condiţii speciale, cînd şinele sînt semiumede la suprafaţă, sau treceri la ace în staţii, unde prezenţa uleiului pe suprafaţa şinei apare destul de des, se produce fenomenul de patinare pentru o parte din roţile locomotivei şi, în consecinţă, încărcarea neuniformă a motoarelor de tracţiune pentru cele care nu patinează, suprasarcini, deci patinarea trebuie oprită.

2.5. Din cauza condiţiilor de funcţionare arătate la punctele 2.1 ; 2.2 ; 2.3 şi 2.4, aparatele de automatizare şi control montate pe locomotivă sînt în permanenţă în mişcare. De asemenea cele pentru automatizare, pentru a regla regimul normal de sarcină a grupului Diesel-generator, iar cele de control, pentru a arăta caracteristicile motorului Diesel şi ale generatorului principal, în afară de cele de protecţie care intervin automat cînd se depăşesc parametrii admişi în funcţionarea normală.

Pentru motorul Diesel se cere un control permanent de la pupitrul standului la :

— poziţia regulatorului de combustibil în funcţie de poziţia controlerului principal cu motorul Diesel în gol şi în sarcină ;

— turaţia motorului Diesel cu şi fără sarcină.

Aparatele care indică presiunea de ulei, apă, cum şi temperaturile acestor fluide sînt şi ele importante, dar întrucît acestea nu pot avea variaţii mari în timp scurt, supravegherea lor este suficient să se facă pe locomotivă, o dată cu aceea a motorului Diesel, întrucît şi acesta cere o supraveghere atentă mai ales în perioada probelor.

Pentru generatorul principal se impune controlul permanent la :

— tensiunea la borne ;

— curentul pe fiecare dintre cele trei ramuri ale grupelor celor şase motoare de tracţiune legate cîte două în serie.

Standul de probe reostatice al schemei din figura 1 oferă posibilitatea probelor, inclusiv supravegherea de la un pupitru de la distanţă

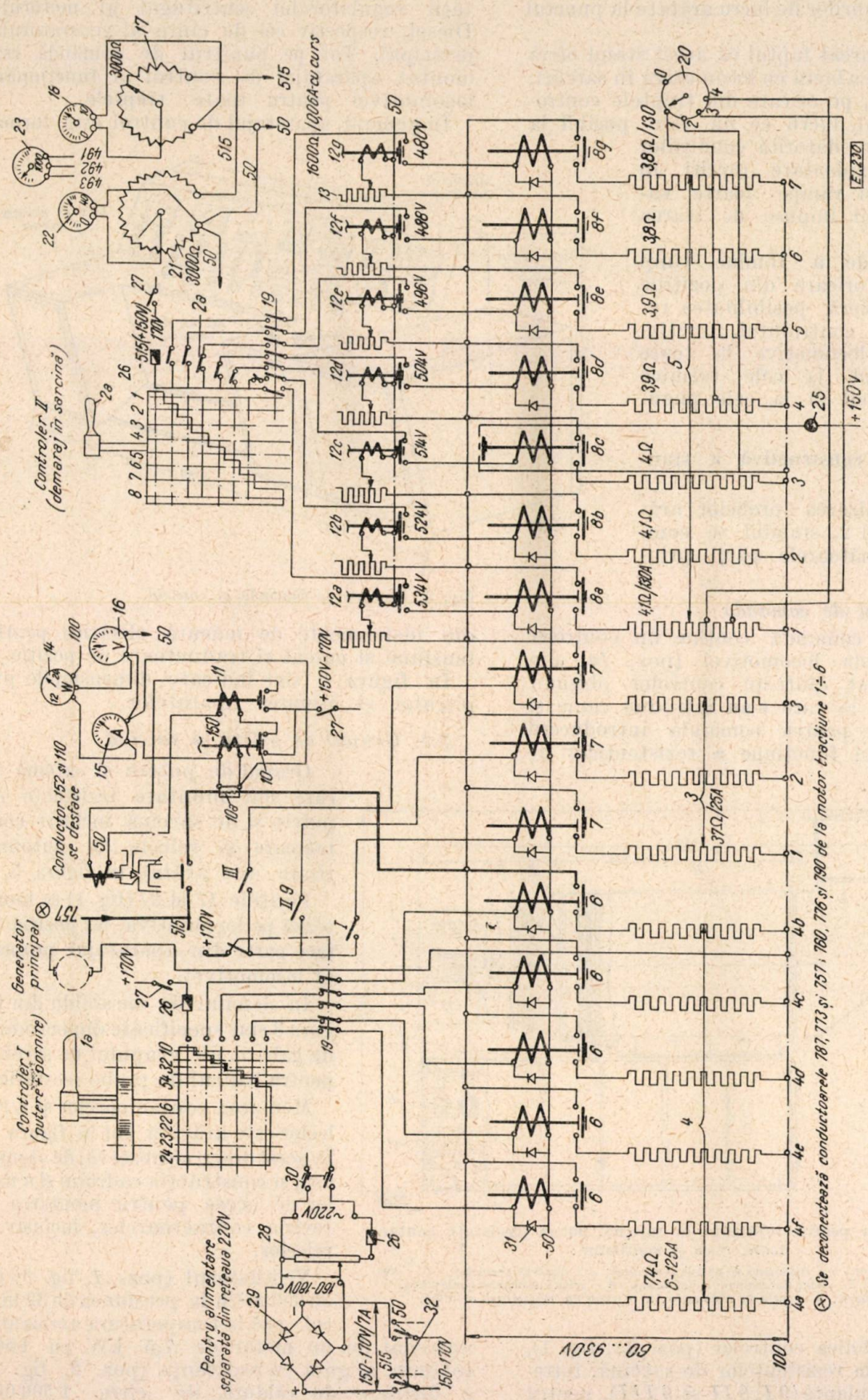


Fig. 1. Schema electrică :

1a – controler putere + pornire; *2a* – controler demaraj în sarcină; *3* – rezistență pentru sensibilitate; *4* – rezistență de putere – 6 col. x 3; *5* – rezistență de sarcină – 7 col. x 3; *6, 7, 8* – contactor de c.c. 750 V/100 A; *9* – întreruptor basculant; *10* – releu cu membrană identic *poz. 12*; *10 a* – șunt 1400 A/4,5 V 0,0032 Ω; *11* – releu RI3 pentru curent de comandă de 150 V; *12 a, g* – releu cu membrană; *13* – rezistență adițională 16000 Ω/50 mA; *14* – wattmetru corespunzător 600 kW; *15* – ampermetru 0–1500 A; *16* – voltmetru 0–1 500 V; *17* – rezistență potențiometrică pentru *poz. 18*; *18* – indicator de poziții la regulatorul motor Diesel; *19* – separator pentru ramură; *20* – comutator pentru frână contrapatinare; *21* – rezistență potențiometrică pentru *poz. 22*; *22* – indicator de poziții pentru regulatorul de câmp; *23* – turometru; *24* – întreruptor general pentru motor tracțiune; *25* – lampă semnalizare 220 V/10W; *26* – siguranță protecție 10 A/500V; *27* – întreruptor protecție 6 A/170 V LDE controler; *28* – autotransformator reglabil 220 V/8A; *29* – coloană redresor seleniu 10×4 plăci 100x100; *30* – întreruptor bipolar 10 A/500V; *31* – supapă de protecție din 14 plăci de seleniu; *32* – comutator bipolar cu 10 A/500 V cu 0 + 2 poziții.

a tuturor regimurilor de lucru arătate la punctul 2.5.

Trebuie remarcat faptul că acest stand oferă posibilitatea de a lucra cu locomotiva în sarcină, timp nelimitat, pe oricare din treptele controlerului principal, lucru ce nu este posibil la probele de linie, datorită condiţiilor impuse de exploatare (opriri în staţii, pante şi rampe foarte variabile, restricţii impuse de starea liniei etc.).

Avantajele de a rămîne timp nelimitat pe oricare din poziţiile controlerului oferă posibilitatea reglajului şi a controlului funcţionării întregii locomotive la toate agregatele, atît la cele termice sau electrice, cît şi la cele pneumatice.

3. Descrierea constructivă a standului

Pentru realizarea probelor arătate la punctul 2, standul se compune din următoarele părţi principale :

3.1. *Pupitrul de comandă*

Pupitrul de comandă conţine un controler pentru comanda locomotivei (poz. *1a*, din fig. 1)—adaptat dintr-un controler obişnuit de locomotivă la care s-au introdus came şi piese aferente pentru comanda introducerii şi scoaterii din funcţiune a rezistenţelor de putere — şi al doilea controler (poz. 2a, fig. 1), pentru comanda rezistenţelor de sarcină, întreruptoarele basculante (*9 I*, *9 II* şi *9 III*), pentru comanda rezistenţelor de control al sensibilităţii regulatorului centrifugal al motorului Diesel, respectiv cel de cîmp al generatorului principal. Tot pe pupitrul de comandă este montat aparatajul de control al funcţionării locomotivei pentru toate treptele.

În general, aparatajul de control este format din instrumente de măsură electrice pentru tensiune şi curent şi traductoare de poziţie.

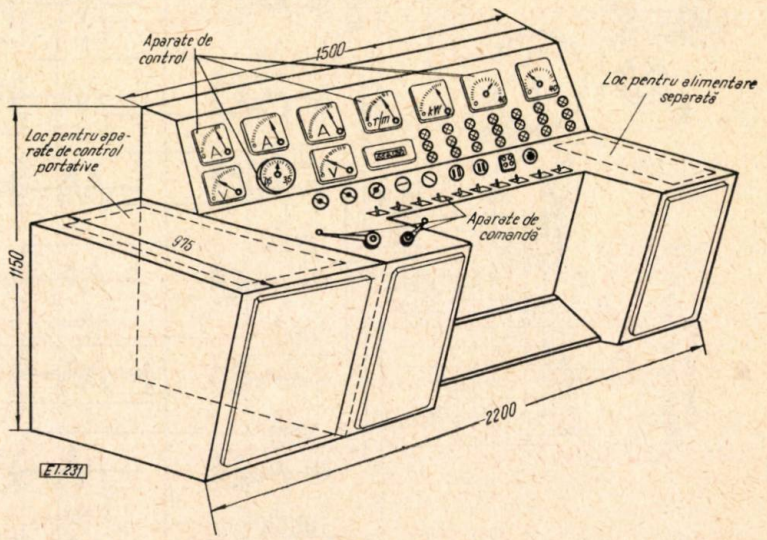


Fig. 2. Pupitru de comandă şi control.

În figura 2 sînt indicate dimensiunile pupitrului şi aşezarea aparatelor.

3.2. *Grupul de putere şi sarcină*

Grupul de putere şi sarcină în care sînt montate rezistenţe de putere şi de sarcină, inclusiv contactoare şi releele de automatizare este arătat în figura 3.

Poziţiile *17* şi *21* (fig. 1) se montează pe locomotivă, iar poziţia *22* face parte din aparatajul propriu al locomotivei.

În desenul de ansamblu din figura 3 sînt specificate dimensiunile de gabarit ale grupului de sarcină pentru bancul de probe reostatice.

Montarea contactoarelor şi a releelor este arătată tot în figura 3. În acest desen se observă, de asemenea, şi construcţia cadrului şi a uşilor de acces pentru montarea şi revizia contactoarelor, inclusiv a releelor.

Ventilatorul (poz. *1*, fig. 3) de 30 000 m³/h la presiunea de 32 mm col. apă la temperatura ambiantă, antrenat de un motor de 7,5 kW cu 1 500 rot/min, asigură cu rezistenţa (poz. *2*, fig. 3) o disipare de căldură de circa 1 500 000 kcal/h.

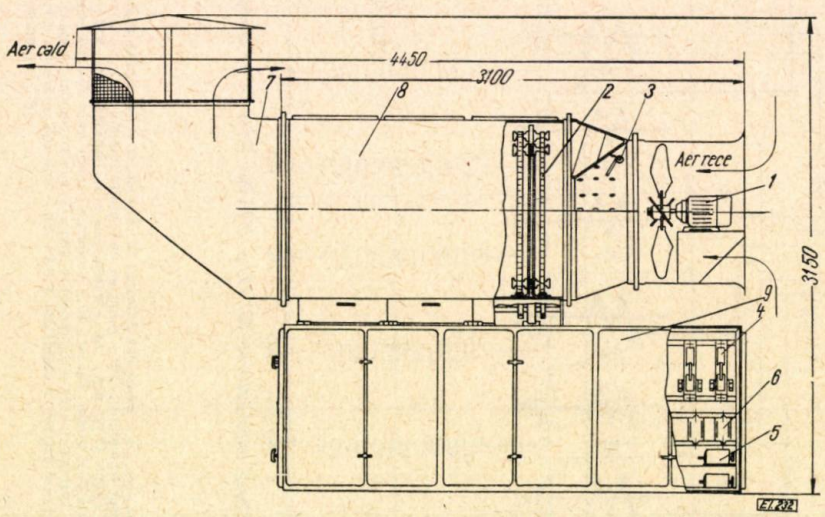


Fig. 3. Ansamblu pentru rezistenţe de sarcină, putere (demaraj), contactoare, relee şi ventilator :

1 — motor cu ventilator ; *2* — rezistenţă de putere şi sarcină ; *3* — clapă de protecţie ; *4* — contactoare pentru *poz. 2* ; *5* — releu de tensiune cu membrană ; *6* — releu intermediar pentru *poz. 4* ; *7* — coş de evacuare ; *8* — cutia cu rezistenţe ; *9* — cutia cu contactoare şi relee.

În figura 3 se vede modul de aşezare a rezistenţelor de putere şi sarcină, precum şi montajul ventilatorului de 30 000 m^3/h.

Pentru uniformizarea presiunii, la intrarea în grupul de rezistenţe este conceput un con perforat care asigură distribuirea aerului de răcire a rezistenţelor.

Tot în acest con este prevăzută o clapă mobilă care, în funcţie de presiune, închide circuitul curentului de comandă a standului reostatic.

4. Modul de funcţionare şi manipulare a standului

Manipularea şi funcţionarea standului de probe reostatice pentru locomotive Diesel electrice se împart în cinci grupuri după cum urmează :

4.1. *Proba în sarcină în regim de mers corespunzător cu tonaj normal cu demaraj fără rampe*

Pentru această situaţie se introduc în circuitul generatorului principal rezistenţele de putere (poz. *4*, fig. 1).

Introducerea rezistenţelor de putere se face treptat prin controler (poz. *1a*, fig. 1), după ce s-a pornit motorul Diesel, se încarcă grupul Diesel-generator la puterile corespunzătoare diagramei de încărcare de 100—2700 CP.

Treptele de încărcare în curent sînt de circa 30 A pe coloană, respectiv de 90 A pe trei coloane la demaraj şi de maximum 125 A încărcare/coloană la tensiunea de 935 V, cînd generatorul este încărcat la maximum (1800 kW). Rezistenţele *4 b — 4 f* se introduc în circuit prin controlerul *1a*, care, în funcţie de poziţie, dau curent de comandă contactoarelor (poz. *6*, fig. 1) care introduc sau scot pe rînd rezistenţele *4b — 4f*.

Cele şase trepte de sarcină se introduc în circuitul generatorului principal, cîte una pe fiecare treaptă, deci ultima se introduce pe poziţia *6* a controlerului *1a*. Deconectarea se face, de asemenea, începînd cu treapta a 6-a în coborîre spre O.

Peste poziţia *6* se sporeşte puterea la generatorul principal corespunzător cu diagrama de încărcare şi, întrucît rezistenţa nu mai variază începînd cu treapta *6* în sus, va creşte tensiunea de la circa 400 V, pînă la tensiunea maximă de 935 V. În acest fel, sarcina va creşte proporţional cu tensiunea şi curentul respectiv, astfel încît la poziţia maximă vom putea disipa, cu rezistenţele de 3 x 6 coloane, o putere de 1800 kW la 1960 A şi 935 V.

4.2. *Proba de funcţionare în rampe mari şi demaraj cu tonaj maxim*

Prin manevrarea controlerului *2a* se creează posibilitatea încărcării locomotivei în condiţii similare cu cele de exploatare. Cu controlerul *2a* (fig. 1) pus în poziţia *7* se introduce de la început o rezistenţă în circuitul generatorului principal de 0,186ω care, pusă în paralel cu cele 18 coloane de rezistenţe de cîte 7,4ω, formează o rezistenţă echivalentă de 0,126ω. Cu valoarea de 0,126ω la o tensiune de 480 V rezultă un curent de 3800 A, corespunzător unei puteri de 1820 kV. Curentului de 3000 — 3800 A îi este necesar demarajul în rampe de 20 — 26 ‰.

Pentru puteri mai mici decît 1800 kW se reduce, prin manevrarea controlerului *2a* (fig.1) şi a întreruptoarelor *9 I — 9 III*, numărul de rezistenţe în paralel şi, în acest fel scăzînd curentul sub 3800 A, se obţine puterea dorită la valoarea poziţiei controlerului *1a* (fig. 1).

La atingerea tensiunii de 480 V releul *12g* întrerupe curentul de comandă de la contactorul *8g* şi astfel se dă posibilitatea unei noi creşteri de tensiune, astfel încît la valoarea de 510—535 V rezistenţele de sarcină sînt total scoase din circuit. În acest fel se creează posibilitatea funcţionării locomotivei în condiţii identice cu cele din exploatare (variaţii de rampe şi tonaj).

Posibilităţile de încărcare, corespunzător cu situaţia din exploatare la demaraj, sînt asigurate prin manevra controlerului *2a* (fig. 1) şi prin automatizare, în ceea ce priveşte variaţia de tensiune cu releele fără frecări *12a, 12b, . . . ,12g*.

Sistemul de automatizare, efectuat prin cele 7 relee reglate la valorile de 480 V, 488—534 V, asigură evitarea de greşeli în manevră. Astfel, dacă controlerul *1a* se găseşte pe poziţia maximă la o putere de 1800 kW cu tensiunea de peste 540 V, se poate manevra controlerul *2a* (fig. 1) pentru rezistenţele de sarcină *5*, fără nici un pericol de a introduce în circuit aceste rezistenţe, întrucît curentul de comandă a contactoarelor *8a — 8g* este întrerupt de releele *12 a — 12 b*.

Pentru a fi posibilă introducerea rezistenţelor de demaraj (sarcina) va trebui scăzută tensiunea sub valoarea de 534 V, iar rezistenţele vor intra treptat şi numai cu scăderea cu cîte 8 V pentru fiecare treaptă ; acest lucru însă nu este posibil decît prin aducerea controlerelor pe primele trepte de sarcină.

Cu întreruptoarele *9 I, 9 II* şi *9 III* (fig. 1) se comandă introducerea sau scoaterea din circuit a rezistenţelor de sensibilitate pentru controlul funcţionării regulatorului de cîmp, a generatorului principal şi a regulatorului de combustibil al motorului Diesel. Tot cu rezistenţele de sensibilitate se controlează intrarea şi ieşirea din funcţiune a şuntărilor pentru slăbirea de cîmp a motoarelor de tracţiune.

4.3. *Funcţionarea instalaţiei frînei contra patinării*

Principial, intrarea în funcţiune a instalaţiei de contrapatinare se face de către releul special de pe locomotivă, care este legat cu un pol al bobinei de comandă la legătura

de înseriere între cele două rotoare ale motoarelor de tracțiune, iar cu celălalt pol conectat potențiometric, perfect simetric cu o rezistență de 3000 Ω, față de tensiunea de intrare în cele două motoare legate în serie. Deci, cînd cele două motoare se rotesc la aceeași turație, diferența de potențial la bobina de comandă a releului de patinare este zero. Dacă apare o patinare la unul dintre motoare, tensiunea dintre ele nu va mai fi egală și deci bobina releului de patinare va fi alimentată astfel încît diferența de tensiune va depăși tensiunea de atragere, iar releul va acționa intrarea în funcțiune a instalației de contra patinare a motoarelor în cauză.

Prin rezistența de demaraj s-a creat și posibilitatea încercării frînei contra-patinaj, fără ca motoarele de tracțiune să funcționeze, realizarea făcîndu-se prin legarea releului de protecție contra-patinaj de pe locomotivă la rezistența de sarcină *6*, pe ramurile care sînt în circuit pînă la viteza de 17—21 km/h. Prin comutatorul (poz. *20*, fig. 1) se introduce, la comandă voită, releul de contra-patinaj; legăturile la rezistențe sînt astfel făcute încît să apară tensiunea nominală de cuplare. Întrucît ramurile de rezistență pot ieși din circuit la anumite valori ale tensiunii, legăturile s-au făcut la patru ramuri, iar comutatorul *20* face posibilă legarea la una dintre cele trei rezistențe de 4,1, 4 și 3,9 Ω. Dacă tensiunea este superioară valorii de patinaj releul de contra-patinaj nu primește tensiune, întrucît releele *12 a*, *12 c*, *12 d* au decuplat contactoarele rezistențelor arătate.

În acest fel s-a obținut automatizarea completă a instalației de contra-patinaj.

4.4. *Funcționarea controlului de sarcină a generatorului principal*

Pentru ca operatorul, care conduce standul de încercări reostatice, să poată constata rapid dacă există corespondență între poziția controlerului și puterea dezvoltată de grupul Diesel-generator, s-a prevăzut în schemă un wattmetru gradat cu numărul de poziții corespunzător cu cele ale puterii din diagrama de sarcină. Dacă apar diferențe la una sau mai multe poziții, se operează la reglajul elementelor respective de pe locomotivă (rezistențe de excitație, etc.).

4.5. *Controlul poziției regulatorului de cîmp și regulatorului centrifugal al motorului Diesel*

Pe arborele de comandă al regulatorului de cîmp și al celui centrifugal se cuplează cu o cuplă specială cîte o rezistență potențiometrică de 3000 Ω/0,08 A. Cursorul potențiometrului se va roti în funcție de poziția reală a celor două regulatoare. În funcție de poziția regulatorului dintre borna „O" a potențiometrelor *21* și *17* (fig. 1) și cursor apare o tensiune variabilă, corespunzătoare cu poziția arborelui, respectiv a indicatorului.

Ca indicatoare se folosesc două voltmetre gradate cu poziții corespunzătoare regulatorului de cîmp (poz. *22*, fig. 1) și, respectiv, pentru regulatorul centrifugal (poz. *18*, fig. 1), care vor indica poziția ocupată de fiecare dintre cele două aparate.

În afară de aparatele portative, pentru controlul temperaturii și al debitelor de apă, etc., standul va avea montate pe masa de comandă aparatele de control al funcționării:

— turației pentru motorul Diesel;

— tensiunii pentru generatorul principal;

— curentului pentru fiecare ramură de rezistență (grup de cîte două motoare de tracțiune).

5. Protecția instalației și a standului

Protecția standului reostatic nu poate fi separată de protecția funcționării locomotivei supuse la încercare pe stand, întrucît descărcarea locomotivei prin protecția standului ar provoca grupului Diesel-generator șocuri periculoase.

Schema din figura 1 prin releele *10* și *11* asigură reducerea completă a excitației generatorului principal în momentul descărcării standului, cum și reducerea corespunzătoare a combustibilului, pentru funcționarea în gol a motorului Diesel. Această protecție se face de releul *11* (fig. 1) care, în momentul apariției unui scurtcircuit în rezistențele *3*, *4* și *5* (fig. 1) sau în aparatele lor de conectare, produce întreruperea circuitului de comandă a releelor de curent montate special pe locomotivă în acest scop.

Prin ieșirea din funcțiune a releelor de protecție a motoarelor de tracțiune montate pe locomotivă se produce, simultan, protecția atît a locomotivei, cît și a standului reostatic.

Protecția rezistențelor de sarcină (poz. *5*, fig. 1) pentru tensiuni mai mari decît 540 V se asigură prin releele cu membrană (12*a*—12 *g*) care, prin reglaj corespunzător, vor scoate din funcțiune cele 3 × 7 coloane de rezistențe, începînd cu tensiunea de 480 V, iar ultima la 534 V prin diferențe de 8 V între cele șapte coloane de rezistențe.

Curentul de comandă (ce se poate lua și de la locomotivă) este de maximum 7 A/170 V și are ca protecție o siguranță de 10 A, montată pe pupitrul de comandă (poz. *26*, fig. 1). Prin clapa mobilă *3* (fig. 3) și întreruptorul de protecție *27* (fig. 1) se întrerupe curentul de comandă a bancului de probă, în cazul dispariției presiunii aerului de răcire a rezistențelor de putere și sarcină ale standului reostatic. În acest fel se asigură protecția supraîncălzirii rezistențelor standului reostatic.

În cazul alimentării separate, în figura 1 se arată cum se realizează această alimentare (un autotransformator variabil și o coloană de redresor de 7 A/170 V.

Pentru protecția contra supratensiunilor la deconectarea de la bobinele contactoarelor de comandă a rezistențelor de putere și sarcină este prevăzută montarea de semiconductoare de 10 plăci, din seleniu (25 ×25 mm), legate în paralel pe bobine (poz. *31* fig. 1).

Standul de probe reostatice este conceput să fie cuplat cu locomotiva cu ajutorul cuplei mobile pentru comanda locomotivei în tracțiune multiplă, în ceea ce privește comanda și legarea de cablu de 6 ×185 mm², pentru curentul de forță.

6. Avantajele tehnico-economice

Executarea probelor de parcurs pe căile ferate presupune o serie de cheltuieli legate de folosirea liniei, plata personalului care participă la probe (cei care fac citiri de aparate și supraveghează funcționarea diverselor agregate și instalații). La acestea se mai adaugă timpul pierdut pentru așteptări la intrarea în circulație pe linia de cale ferată.

Trebuie, de asemenea, avut în vedere că, datorită situației impusă de profilul liniei de cale ferată, cum și de condițiile impuse de circulația trenurilor în trasee, locomotiva pentru probă nu va putea circula pe linie după nevoile cerute de probele agregatelor, ci după cele ale căilor ferate. Datorită acestor cauze, locomotiva de probă nu poate fi pusă să funcționeze în regimul de putere cu timpul cerut pentru reglaj și măsurări, ci în regimul impus de condițiile de mișcare pe liniile C.F.R.

Ținînd seamă de cele arătate, rezultă că reglajul și controlul caracteristicilor diferitelor agregate și instalații, cum ar fi de exemplu, cele pentru răcirea motorului Diesel, nu se pot executa decît pe stand de încercări reostatice în uzina producătoare. Executarea probelor pe un asemenea stand va duce la :

— ridicarea nivelului tehnic, îmbunătățirea condițiilor de muncă și mărirea capacității de încercări pentru locomotive Diesel;

— eliminarea unui mare număr de probe de parcurs cu tonaj remorcat pînă la 1200 t. Acest lucru se obține prin crearea condițiilor de încercări ale agregatelor în uzină pe standul reostatic pînă la puterea maximă a locomotivei. Eliminarea acestor probe va avea, ca urmare economii importante și, în afară de aceasta, va reduce numărul probelor anuale la mai mult de jumătate din cel actual;

— crearea condițiilor necesare pentru efectuarea încercării de tip asupra diverselor instalații și agregate componente ale locomotivei;

— asigurarea unui nivel tehnic corespunzător pentru încercările de recepție, care se vor face cu beneficiarii interni și externi (export).

Bibliografie

[1] *Götze, H.* Stationäre Belastungswiderstände zum Prüfen diselelektrischer Lokomotivaggregate. In : Siemens Zeitschrift, mai 1963, p. 420.

[2] *Ghiță, N.* Industria electrotehnică din R.P.R., creație a regimului de democrație populară. In : Electrotehnica **12**, nr. 1—2, 1964, p. 3—6.

[3] *Vlădoianu, R.* Ridicarea nivelului tehnic și calitativ al producției electrotehnice. In : Electrotehnica **12**, nr. 1—2, 1964, p. 7—14.

[4] *Popovici, V.* și *Heinrich, Al.* Realizări tehnice deosebite la Uzinele „Electroputere" — Craiova. In : Electrotehnica **12**, nr. 1—2, 1964, p. 27—39.

Intrat în redacție la 25.II.1965

Cu privire la alegerea preliminară a inducției în întrefierul electromagneților de curent continuu pentru contactoare

Paul Dinculescu* — București

CZ 621.318.323.2.024 : 621.316.53

Fiind date dimensiunile geometrice ale unui electromagnet de curent continuu, tensiunea de alimentare și regimul său de funcționare, se poate efectua, fără dificultăți calculul caracteristicilor electromagnetului, utilizînd relațiile cunoscute din literatura de specialitate [1], [2], [3].

În practica proiectării aparatajului electric, în special a contactoarelor de curent continuu, apare necesitatea rezolvării problemei inverse, și anume, cunoscînd caracteristicile pe care trebuie să le aibă un electromagnet, se cere să se determine dimensiunile geometrice corespunzătoare. De regulă, nu există o soluție unică a problemei și, în acest caz, se procedează la stabilirea preliminară a principalelor dimensiuni geometrice și solicitări electrice și magnetice, urmînd ca, ulterior, să se efectueze un calcul de verificare în cadrul căruia se aduc corecțiile necesare mărimilor și dimensiunilor adoptate în calculul preliminar.

Pentru a reduce volumul de lucru este necesar să se stabilească o metodică relativ simplă

* Ing. *P. Dinculescu* este asistent la Institutul politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej" din București, facultatea de electrotehnică.

de alegere a mărimilor și dimensiunilor principale. Dat fiind faptul că aceste dimensiuni trebuie, totuși, să fie corectate într-o măsură mai mare sau mai mică, pentru ca electromagnetul să îndeplinească condițiile de funcțio-

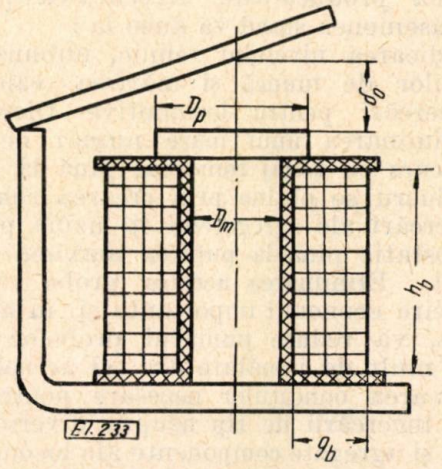


Fig. 1. Forma și dimensiunile principale ale electromagnetului.

nare impuse din punct de vedere practic, nu este necesar ca în calculul preliminar să se tindă spre un înalt grad de precizie, deoarece în felul acesta se complică în mod inutil calculele. De aceea, în această etapă a calculului trebuie să se facă simplificări esențiale care să permită găsirea cu ușurință a soluțiilor.

Una dintre mărimile importante, care trebuie stabilită în calculul preliminar, este inducția B_0 în întrefierul de lucru al electromagnetului. Valoarea inducției în întrefier depinde atît de valoarea forței ce trebuie dezvoltată de electromagnet, cît și de mărimea întrefierului, întrucît ea servește la evaluarea tensiunii magnetice a întrefierului care constituie partea cea mai importantă a solenației date de înfășurarea electromagnetului. În același timp valoarea ei trebuie astfel aleasă încît să nu conducă la saturația miezului electromagnetului (îndeosebi la poziția închis), ceea ce ar avea ca rezultat scăderea forței de atracție a electromagnetului.

Dacă se consideră un electromagnet cu clapetă, folosit frecvent în construcția contactoarelor de curent continuu (fig. 1), se poate arăta [1] că valoarea inducției în întrefierul de lucru al electromagnetului poate fi obținută, aproximativ, în această etapă a calculului, admițînd anumiți coeficienți, cu relația:

$$B_0 = \frac{0{,}48}{k_D \sqrt[5]{C_1}} \sqrt[10]{\frac{F_0^3}{\delta_0^4}}, \; T \qquad (1)$$

în care:

F_0 este forța în poziția deschis (forța de acționare la întrefierul maxim δ_0);

δ_0 — întrefierul maxim, măsurat pe axa polului;

$k_D = \frac{D_m}{D_p}$ — raportul dintre diametrul miezului și diametrul piesei polare;

$$C_1 = \frac{2 \cdot 10^3 \, \rho (1+n)}{(1-\varphi)^2 \varkappa^2 f_u k_D^2 m^2 n (1+2n+\alpha) K \tau_{adm}}; \qquad (2)$$

ρ — rezistivitatea conductorului înfășurării;

φ — factor ce ține seamă de căderile de tensiune magnetică în fier U_{mf} și în întrefierurile parazitare U_{mp} și anume: $\varphi = \frac{U_{mf} + U_{mp}}{F}$;

F — tensiunea magnetomotoare totală, creată de înfășurare;

$\varkappa$ — factor ce ține seamă de scăderea posibilă a solenației nominale datorită scăderii tensiunii de alimentare;

f_u — factorul de umplere a secțiunii bobinei;

$m = \frac{h_b}{D_m}$ — raportul dintre înălțimea bobinei și diametrul miezului;

$n = \frac{g_b}{D_m}$ — raportul dintre grosimea bobinei și diametrul miezului;

α — factorul ce ia în considerare influența modului de înfășurare a bobinei (fără carcasă, pe carcasă metalică, pe carcasă din material termoizolant) asupra transmiterii căldurii;

K — coeficientul de transmitere a căldurii pe suprafața exterioară a bobinei;

τ_{adm} — supratemperatura admisibilă a înfășurării, determinată de clasa de izolație.

Din analiza relațiilor (1) și (2) se observă că alegerea valorii inducției implică un calcul laborios, necesitînd alegerea preliminară a unor coeficienți (φ, m, n etc.) ale căror valori definitive nu pot fi stabilite decît prin încercări.

Lucrarea de față își propune să stabilească o metodă mai simplă pentru determinarea inducției în întrefierul de lucru al electromagnetului în funcție de un singur parametru cunoscut în calculul preliminar.

Întrucît în practica proiectării electromagneților pentru contactoare singurele mărimi cunoscute, care rezultă din cinematica contactorului, sînt: forța inițială F_0 și întrefierul inițial δ_0, experiența arată [2], [3] că parametrii principali și dimensiunile principale ale electromagnetului pot fi stabilite în funcție de raportul

$$P_c = \frac{\sqrt{F_0}}{\delta_0}, \qquad (3)$$

pe care îl vom denumi „parametrul caracteristic" al electromagnetului.

În literatura de specialitate [2], [3] sînt date curbe din care se poate determina valoarea inducției în întrefier în funcție de un asemenea

parametru caracteristic. Totuşi aceste curbe, ori sînt date numai pentru electromagneţi mici, în particular pentru electromagneţii releelor [2], ori nu ţin seamă de modul de execuţie a înfăşurării bobinei pe miez [2], [3]. Utilizînd relaţia (1), care înlătură aceste neajunsuri, se poate ajunge la o plajă de valori ale inducţiei în funcţie de parametrul caracteristic — singura mărime cunoscută în această etapă a calculului.

Dînd diverse valori forţei F_0, cuprinse între 0,5 kgf şi 10 kgf şi diverse valori întrefierului — cuprinse între 0,5 cm şi 5 cm — se calculează, cu ajutorul relaţiei (3), parametrul caracteristic P_c, obţinîndu-se pentru acesta valori cuprinse între 0,141 şi 6,32, valori care corespund unei game largi de electromagneţi de acţionare.

Calculînd apoi factorul

$$C = \sqrt[10]{\frac{F_0^3}{\delta_0^4}} \qquad (4)$$

şi reprezentîndu-l în funcţie de parametrul caracteristic, pentru valori constante ale forţei, se obţin curbele din figura 2. Se observă că familia de curbe astfel obţinută poate fi înlocuită cu o curbă medie (curba *I*, fig. 3) care va da, cu o aproximaţie suficientă, variaţia factorului *C*, în funcţie de parametrul caracteristic, pentru orice valoare a forţei de acţionare cuprinsă între limitele indicate. Pentru valori ale forţelor aflate spre limita inferioară a domeniului ales ($P_c < 2$), curba medie poate fi considerată curba *II* (fig. 3).

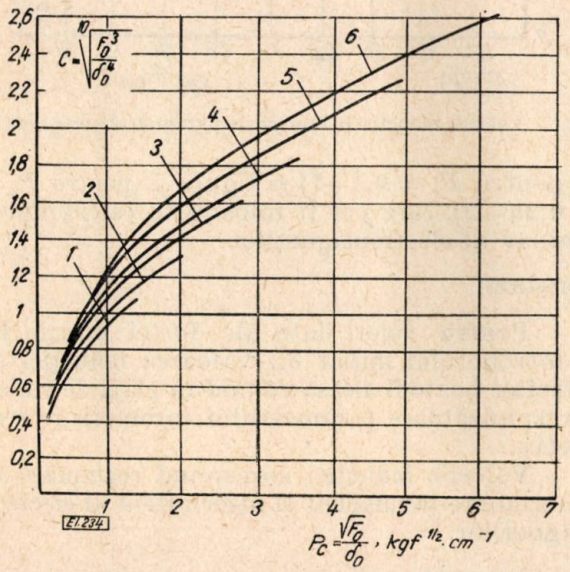


Fig. 2. Variaţia factorului *C* în funcţie de parametrul caracteristic pentru diferite valori ale forţei :
1 — F = 0,5 kgf ; 2 — F = 1 kgf ; 3 — F = 2 kgf ; 4 — F = 3 kgf ; 5 — F = 6 kgf ; 6 — F = 10 kgf.

Pentru calculul factorului C_1 se adoptă următoarele valori [1] :

$m = 3 - 4{,}5$; $n = 0{,}7 - 0{,}9$; $\varphi = 0{,}15 - 0{,}3$; $\varkappa = 0{,}85$ (din condiţia tehnică impusă electromagnetului la poziţia deschis) ; $f_u = 0{,}5$; $\alpha = 0$; 0,9 ; 1,7 ; 2,7 ; $\tau_{adm} = 70°C$; $k = 13{,}1 \cdot 10^{-4}$ W/cm²·°C ; $k_D = 1{,}6$; $\rho = 2{,}34 \cdot 10^{-6}$ Ωcm.

Calculînd factorul C_1 cu relaţia (2), respectiv $\sqrt[5]{C_1}$, pentru valorile extreme ale domeniilor de

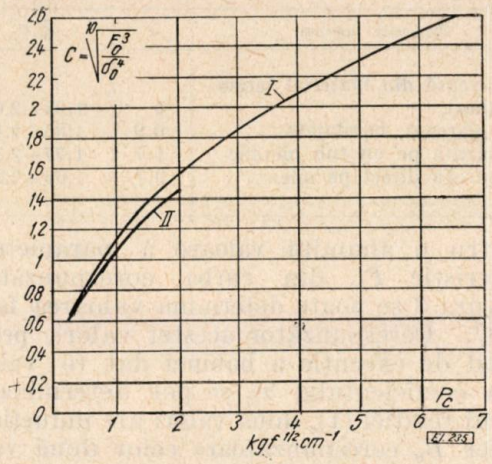


Fig. 3. Curbele medii de variaţie a factorului *C* în funcţie de parametrul caracteristic :
I — curba medie pentru $P_c = 0{,}5 - 7$; *II* — curba medie pentru $P_c = 0{,}25 - 2$.

variaţie ale coeficienţilor m, n, φ şi pentru diverse moduri de execuţie a bobinei (diferite valori ale coeficientului α) se obţin valorile din tabela 1.

Tabela 1

m	n	φ	α	$\sqrt[5]{C_1}$
3	0,7	0,15	0	2,43
			0,9	2,28
			1,7	2,19
			2,7	2,09
		0,3	0	2,62
			0,9	2,48
			1,7	2,36
			2,7	2,26
	0,9	0,15	0	2,29
			0,9	2,17
			1,7	2,08
			2,7	2,00
		0,3	0	2,47
			0,9	2,35
			1,7	2,25
			2,7	2,17
4,5	0,7	0,15	0	2,07
			0,9	1,94
			1,7	1,86
			2,7	1,80
		0,3	0	2,23
			0,9	2,09
			1,7	2,01
			2,7	1,92
	0,9	0,15	0	1,95
			0,9	1,85
			1,7	1,77
			2,7	1,66
		0,3	0	2,10
			0,9	1,99
			1,7	1,91
			2,7	1,84

Din această tabelă se observă că pentru fiecare valoare a coeficientului α se pot stabili două valori limită ale factorului $\sqrt[5]{C_1}$ (tabela 2).

Tabela 2

Execuția bobinei	α	$\sqrt[5]{C_1}$
Cu carcasă din material termoizolant	0	1,95—2,62
Fără carcasă, bandajată	0,9	1,85—2,48
Înfășurată pe un tub metalic	1,7	1,77—2,36
Înfășurată direct pe miez	2,7	1,66—2,26

Pentru o anumită valoare a parametrului caracteristic P_c, din curba corespunzătoare din figura 3 se poate determina valoarea factorului C. Corespunzător acestei valori, pentru un mod de execuție a bobinei dat (o valoare dată a coeficientului α), se pot determina, cu ajutorul relației (1), două valori ale inducției în întrefier B_0 corespunzătoare celor două valori limită ale factorului $\sqrt[5]{C_1}$ (tabela 2).

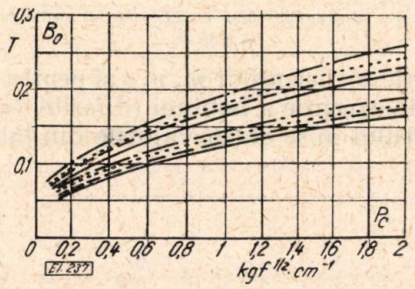


Fig. 4. Variația inducției în funcție de parametrul caracteristic pentru diverse moduri de execuție a bobinei : — $\alpha = 0$; — — — $\alpha = 0{,}9$; · · · $\alpha = 1{,}7$; — · — $\alpha = 2{,}7$.

În acest fel, pentru $P_c = 0{,}5 - 7$ se pot trasa curbele $B_0 = f(P_c)$ (fig. 4), obținîndu-se pentru fiecare mod de execuție a bobinei o plajă de valori pentru inducția în întrefier.

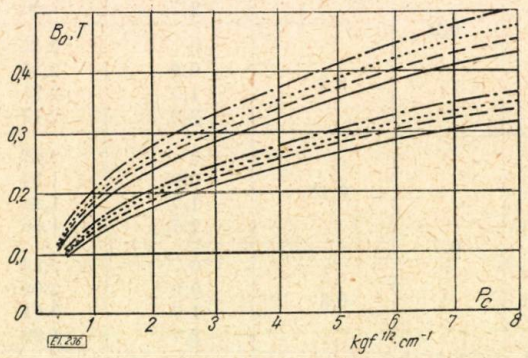


Fig. 5. Variația inducției în funcție de parametrul caracteristic pentru diverse moduri de execuție a bobinei : — $\alpha = 0$; — — — $\alpha = 0{,}9$; · · · $\alpha = 1{,}7$; — · — $\alpha = 2{,}7$.

Pentru $P_c = 0{,}25 - 2$, valorile inducției pot fi determinate din curbele reprezentate în figura 5, care au fost calculate în același mod ca mai sus, utilizînd însă curba II din figura 3.

Întrucît în construcția contactoarelor bobinele înfășurate direct pe miez sau pe un tub metalic se întîlnesc mai rar, se observă că plaja de valori a inducției se poate restrînge avînd ca limită

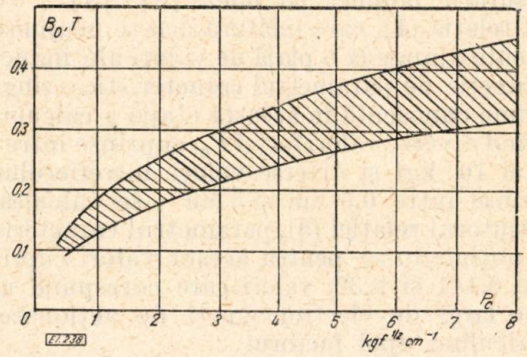


Fig. 6. Valorile inducției în funcție de parametrul caracteristic.

inferioară valorile minime pentru cazul $\alpha = 0$, iar ca limită superioară valorile maxime pentru cazul $\alpha = 0{,}9$. Rezultă curbele din figura

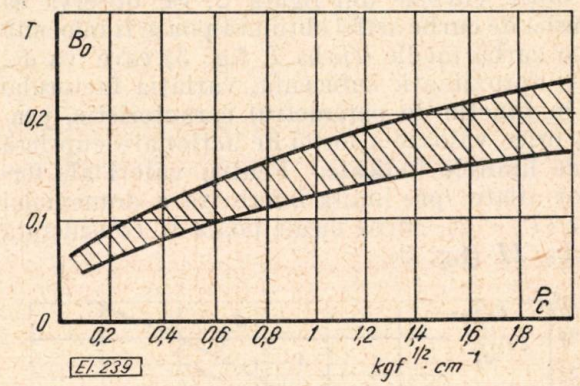


Fig. 7. Valorile inducției în funcție de parametrul caracteristic.

6 (pentru $P_c = 0{,}5 - 7$) și figura 7 (pentru $P_c = 0{,}25 - 2$), care pot fi folosite în calculul preliminar al electromagneților.

Concluzii

— Pentru valori date ale forței inițiale F_0 și întrefierului inițial δ_0, valoarea inducției în întrefier poate fi aleasă comod în plaja de valori corespunzătoare parametrului caracteristic respectiv.

— Valorile inducției corespund regimului de funcționare permanent și intermitent al electromagneților.

Bibliografie

[1] *Liubcik, M. A.* Electromagneți de curent continuu și alternativ. Calcul și proiectare (traducere din limba rusă). București, Ed. Tehnică, 1963.

[2] *Gordon, A. V.* și *Slivinskaia, A. G.* Electromagniti postoiannogo toka. Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1960.

[3] *Roters, C. H.* Elektromagnitnie mehanizmi (traducere din limba engleză). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1949.

Intrat în redacție la 6.III.1965

NOTĂ

Maşină pentru sudarea materialelor plastice

Ioan Popa – Cugir

CZ 621.791.735 :621.315.616.9

Sînt cunoscute mai multe metode de sudare a materialelor plastice, şi anume :

— sudarea cu gaze fierbinţi ;
— sudarea cu elemente de încălzire ;
— sudarea cu curenţi de înaltă frecvenţă ;
— sudarea cu impulsuri de căldură.

Primele două metode sînt folosite, în special, pentru sudarea materialelor din PVC dur, ultimele două metode sînt folosite pentru sudarea foilor din PVC.

Sudarea cu curenţi de înaltă frecvenţă aplică proprietăţile dielectrice ale materialelor plastice, căldura necesară sudurii apare datorită pierderilor în dielectric, astfel încît încălzirea are loc în toată masa corpului, motiv pentru care calitatea sudurii este foarte bună. Pentru sudarea materialelor plastice de grosimi mici, metoda sudării cu curenţi de înaltă frecvenţă nu mai dă rezultate, în acest caz se poate folosi metoda sudării cu impuls de căldură.

Prin sudare cu impuls de căldură se înţelege un procedeu de sudare pentru materialele plastice, la care căldura necesară sudării este dusă din afară spre locul de sudură, răcirea sudurii făcîndu-se sub presiune. Ţinînd seamă şi de faptul că instalaţia de sudare prin impuls de căldură este mult mai simplă şi mai ieftină decît cea cu înaltă frecvenţă s-a conceput şi s-a realizat o maşină pentru sudarea materialelor plastice, prin impuls de căldură. La realizarea maşinii, prezentată în figura 1, s-a avut în vedere următoarele :

Impulsul de căldură se realizează cu ajutorul unui impuls de curent electric ce străbate cele două benzi de rezistenţă aşezate izolat, faţă în faţă, pe partea interioară a celor două fălci de strîngere *1* şi *2*. Cantitatea de căldură degajată este $Q = KRI^2 t$. Pentru reglarea acestei cantităţi de căldură, în vederea stabilirii regimului de lucru în funcţie de natura şi grosimea materialului, este necesar ca să poată fi variată atît intensitatea impulsului de curent I, cît şi durata acestuia *t*. Reglarea mărimii impulsului de curent s-a realizat prin alimentarea rezistenţelor de la un transformator cu tensiune secundară variabilă între 20 şi 40 V, reglajul făcîndu-se în 20 de trepte cu ajutorul comutatorului C_1 (fig. 2) montat în primarul transformatorului. Tensiunile secundare fiind mici şi bobinajul secundar fiind izolat s-a rezolvat prin aceasta şi problema securităţii personalului de deservire. Reglajul duratei impulsului se realizează cu ajutorul unui releu de timp. Fiind vorba de timpii foarte mici, s-a ales cea mai simplă schemă a unui releu a cărui temporizare rezultă din durata de descărcare a unor condensatoare încărcate peste o rezistenţă variabilă înseriată cu bobina unui microreleu de curent continuu R_1. În figura 2 este prezentată schema electrică a instalaţiei, dîndu-se şi caracteristicile elementelor folosite.

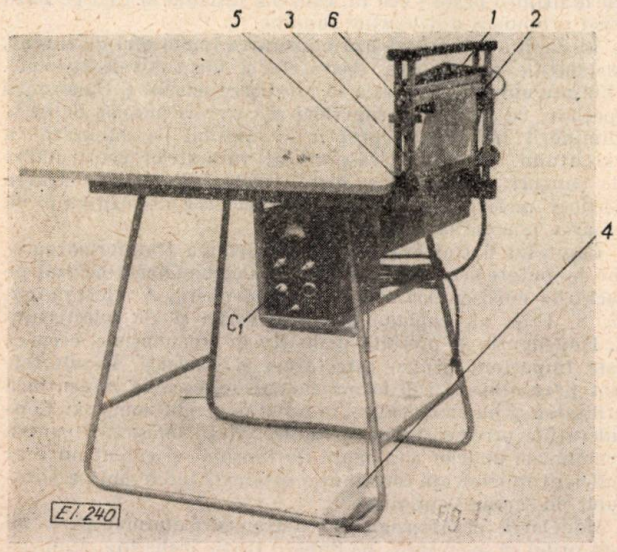


Fig. 1. Maşini de sudare prin impuls de căldură.

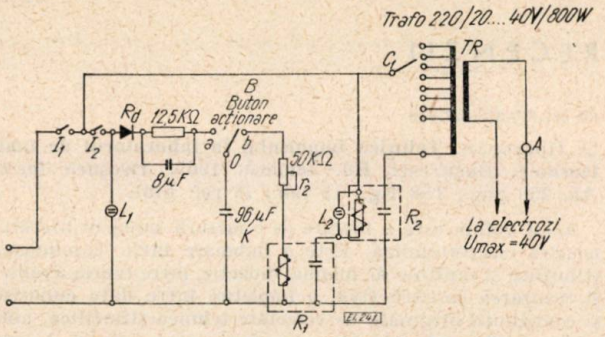


Fig. 2. Schema electrică a instalaţiei.

Comutatorul I_1 cuplează circuitul transformatorului *TR*, comutatorul C_1 reglează tensiunea primară a transformatorului (are şi o poziţie deschisă în care se pot face probe în gol cu releul de timp). Comutatorul I_2 cuplează tensiunea pentru releul de timp a cărui prezenţă este indicată de lampa de semnalizare cu neon L_1. Tensiunea este apoi redresată cu ajutorul redresorului cu seleniu R_d, care a fost confecţionat din 15 rondele cu diametrul de 30 mm, decupate din plăci cu seleniu uzate. Pentru comanda încărcării şi, respectiv, descărcării condensatoarelor s-a folosit un buton de acţionare B_2 care, apăsat, închide contactul *o-a* producînd încărcarea condensatoarelor *K*, curentul de încărcare fiind limitat de rezistenţa *r*. După eliberare, butonul *B* închide contactul *o-b* ; microreleul de curent continuu R_1 se cuplează, contactul său normal deschis cuplează releul intermediar de curent alternativ R_2, iar contactul normal deschis al acestuia cuplează primarul transformatorului de impuls. Impulsul durează pînă cînd curentul de descărcare al condensatoarelor scade sub valoarea curentului de menţinere în starea anclanşată a microreleului R_1. Cu ajutorul potenţiometrului r_2, de 50 kΩ, s-a obţinut o durată maximă a impulsului de 5 s, de altfel regimurile de lucru se situează între 0,5 şi aproximativ 1,5 s ; în schemă s-a introdus un ampermetru de curent alternativ de 60 A, care măsoară curentul ce trece prin rezistenţa de încălzire. Valorile acestui curent sînt cuprinse între 20 şi 30 A. Pentru a se obţine o încălzire uniformă pe toată lăţimea cusăturii, cele două rezistenţe de încălzire au fost foarte bine calibrate, ele fiind confecţionate din bandă de Cr-Ni de 0,25×4 mm obţinută prin rectificare.

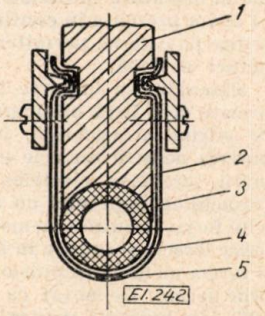


Fig. 3. Modul de aşezare a benzii de rezistenţă pe falca maşinii :
1 – corp metalic ; *2,3* – ţesătură de sticlă ; *4* – furtun de cauciuc ; *5* – bandă de Cr–Ni.

O altă condiţie foarte importantă care trebuie s-o îndeplinească maşina este de a crea o presiune de lucru reglabilă, uniformă pe toată lăţimea cusăturii şi independentă de voinţa muncitorului. Prin apăsarea pedalei *4*, cama *5* împinge tija *6* împotriva a două arcuri *3*, a căror tensiune este reglabilă, permiţînd introducerea foilor de material în maşină.

Menţionăm că falca *1* este foarte bine ghidată de către cele 4 coloane ale maşinii. Din figura 3 se poate vedea modul de

aşezare a benzii de rezistenţă pe falca maşinii. Pentru ca strîngerea materialului plastic ce se sudează să fie cît mai uniformă pe toată lăţimea cusăturii şi pentru evitarea strivirii mecanice, suportul benzii de rezistenţă este un tub de cauciuc cu peretele gros, izolat termic faţă de banda de rezistenţă printr-un strat de ţesătură de sticlă. Pentru izolarea electrică a benzilor de rezistenţă de pe cele două fălci ale maşinii şi pentru a evita contactul direct al rezistenţei cu materialul ce se sudează, fiecare rezistenţă este învelită cu ţesătură de sticlă ; prin aceasta se evită lipirea materialului plastic de fălcile maşinii. În acelaşi timp ţesătura de sticlă se imprimă puţin în foile de material plastic, asigurînd prin aceasta o sudură etanşă şi un aspect frumos al cusăturii. Răcirea sudurii trebuie să se facă sub presiune, de aceea după terminarea sudurii se menţine în continuare presiunea de apăsare asupra cusăturii circa 10 s. In literatura de specialitate se indică a se folosi răcirea cu apă sau cu aer comprimat a suporturilor metalice ale rezistenţelor electrice ; practic s-a constatat însă că nu este nevoie, răcirea rezistenţelor avînd loc în condiţii normale într-un timp foarte scurt.

RECENZII

CZ 621.317.333.027.819

G. HORTOPAN. **Tehnica impulsului în laboratorul de înaltă tensiune.** Bucureşti, Ed. tehnică, 1965. Broşură format A5, 250 pag., 158 fig., 15 tab., 78 ref. bibl.

Acest volum este o lucrare de o factură nouă în literatura noastră electrotehnică. Este o îmbinare între comunicarea ştiinţifică şi capitole de manual didactic, între teoria avansată şi realizarea constructivă, o împletire între date cunoscute şi contribuţii originale de cercetare tehnico-ştiinţifică, aduse toate —abil sau instinctiv — la un numitor comun, la omogenitate de fond şi de formă.

Aşa cum remarcă autorul în prefaţa cărţii, domeniul tratat este cît se poate de actual şi important deoarece de capacitatea laboratoarelor de încercări depind succesul în elaborarea echipamentului electric nou, necesar electrificării ţării, şi calitatea produselor noastre electrotehnice de înaltă tensiune, care au intrat în fabricaţie. Lucrarea umple nu numai un gol în literatura noastră tehnică, dar poate să-şi afirme un loc în literatura mondială de specialitate, datorită calităţilor ce se vor prezenta în continuare, împreună cu unele observaţii critice pe care ne permitem a le face cu scopul îmbunătăţirii ediţiei a doua.

Materialul se împarte în mod raţional în nouă capitole, urmate de o listă bibliografică. Se începe cu supratensiunile de origine atmosferică, indicîndu-se pe scurt unele, după părerea noastră nu cele mai reprezentative, ipoteze ale formării sarcinilor electrice în nori, mecanismul producerii trăsnetului, împreună cu dispozitivul de fotografiere rotativ a lui Boys. Rezultă schematic apariţia supratensiunilor atmosferice directe şi induse în instalaţiile electroenergetice aeriene şi forma medie a impulsurilor de tensiune şi curent, stabilite prin norme. De notat că valoarea factorilor 1,25, respectiv 1,67, întrebuinţaţi pentru obţinerea duratei convenţionale a „frunţii" undei de impuls, rezultă din consideraţii geometrice simple. Recenzentul preferă termenul de „frunte" conform STAS 3999—59 pentru faza de creştere a valorii tensiunii, termenul de „front" fiind întrebuinţat pentru repartizarea spaţială a undelor călătoare.

Capitolul doi se referă, condensat dar substanţial, la coordonarea izolaţiei, reuşind a împărtăşi, datorită şi figurilor bine alese, o imagine clară asupra noţiunilor, principiilor şi metodelor celor mai des utilizate, pentru evitarea, respectiv localizarea avariilor în instalaţii. O confruntare a definiţiilor ca cele din Lexiconul tehnic român ar fi contribuit la formularea lor şi mai riguroasă.

În capitolul următor se intră profund în miezul problemelor specifice tehnicii impulsurilor, expunîndu-se structura şi teoria circuitelor de bază utilizate în generatoarele de impulsuri. Ecuaţiile diferenţiale se rezolvă cu ajutorul „transformaţiei" (după părerea matematicienilor noştri termenul just în loc de „transformării") Laplace. Că toate ecuaţiile au pînă la sfîrşit soluţia „transformată" (just !) Laplace identică şi canonică a sistemelor de ordinul doi puternic amortizate, reiese şi din cerinţa de a se obţine aceeaşi formă normală a undei, reprezentată prin diferenţa a două exponenţiale. În expresiile şi în diagrama din publicaţia originală s-au adus corecturile greşelilor strecurate acolo, amănunt ce merită a fi menţionat. Curbele din diagrama 3.5 permit obţinerea parametrilor circuitului generator de impulsuri din rapoartele numerice ale duratelor frunţii şi semiamplitudinii, cu suficientă exactitate. Deducerea lor teoretică sub forma prezentată prezintă mai mari dificultăţi decît în cazul combinării lor mai raţionale, propusă de recenzent.

Datele şi exemplul de calcul oferit permit oricărui student să încerce proiectarea unui generator de unde normale de tensiune. Generatorul prezentat în figura 3.18 sau 3.20 încă nu este, din punct de vedere constructiv, ultimul cuvînt al tehnicii moderne. Primele rezistenţe plate neinductive (fig. 3.21 a) s-au bobinat încă prin 1925 pe piepteni dubli şi au dat rezultate bune, dar nu în compoziţia generatorului, ci în dispozitive speciale de măsură.

În capitolul 4, măsurarea tensiunii de impuls, divizorul de tensiune înaltă prilejuieşte desfăşurarea unor scheme echivalente, calcule şi modelări în cuva electrolitică, ce constituie de fapt o nouă teorie a proiectării lor, care asigură o repartizare uniformă a potenţialului şi o liniaritate în comportarea la transfer.

Atenţie mare la definirea şi notarea constantelor de timp ! Aici se observă că ariile + s şi — s din figura 4.10 b (unde semnele sînt inversate !) nu sînt constante de timp, aşa cum se afirmă în pagina 69, aliniatul penultim, ci însumate toate *sînt proporţionale* cu constanta de timp denumită de noi „arială". Observaţii suplimentare se dau în continuare.

Precauţiile ce impun ecranarea legăturilor la divizor sînt perfect ilustrate în figurile şi textul de la paginile 71—83. Unda tăiată oferă autorului noi ocazii pentru dezvoltarea unor consideraţii interesante şi în parte originale, legate de proiectarea şi construcţia instalaţiei de tăiat unda de impuls.

Oscilograful catodic TTC KOI 4, de mare forţă de rezoluţie, care se descrie amănunţit, a constituit, de fapt, baza sigură pentru măsurările migăloase ce s-au efectuat pentru elucidarea numeroaselor probleme prezentate şi în alte capitole.

La prezentarea, conform ultimelor norme CEI şi STAS (nemenţionate), a eclatorului cu sfere se putea trece şi corecţia cu înălţimea peste 1 000 m, care s-a discutat la CEI pe baza unei propuneri a delegaţiei române.

În capitolul 5 se tratează măsurarea impulsului de curent, instalaţiile generatoare, aparatele şi dispozitivele speciale. Din nou autorul are ocazia să înfăţişeze scheme şi construcţii speciale, cu parametri superiori şi cu erori minime datorite eliminării inductanţei proprii a şuntului de măsurare a curentului. Timpul de răspuns al variantelor constructive de şunturi de curent a fost stabilit prin planimetrarea oscilogramelor, ceea ce a permis selectarea dispozitivului cu eroarea minimă la transfer.

Capitolul 6 tratează pe larg comportarea transformatoarelor de putere la impuls de tensiune. Calculul analitic bazat pe lucrările cunoscuţilor autori R. Rüdenberg, A. Hochrainer, E. S. Frid, ale cuplului Heller-Veverka şi ale colectivului I. Hagenguth, se prezintă deductiv în amănunţime, ceea ce este important pentru cercetători şi studenţi. Rezultatele sînt prezentate şi sub formă de tabele, ceea ce evidenţiază utilitatea şi puterea analizei în acest domeniu complex. Consideraţiile privind stabilirea inductivităţii înfăşurării pentru armonicele undelor staţionare de tensiune şi curent nu scot suficient în evidenţă contribuţia originală interesantă a autorului în această privinţă.

Modelarea electromagnetică a transformatorului oferă un nou prilej să se prezinte, pe lîngă o teorie închegată, realizări concrete şi măsurări de mare interes, efectuate pentru sta-

bilirea protecţiei contra supratensiunilor atmosferice a unui autotransformator de 60 MVA, cu un rol important în sistemul energetic al ţării. Comparaţia rezultatelor teoretice şi experimentale arată o concordanţă foarte satisfăcătoare, ceea ce confirmă, o dată mai mult, utilitatea preocupărilor teoretice, calculul permiţînd proiectanţilor să prevadă comportarea reală cu o suficientă exactitate.

Subcapitolul privind determinarea solicitărilor dielectrice cu ajutorul calculatoarelor electronice se prezintă la un înalt nivel datorită aplicării calculului matricial şi aplicării auxiliarelor de calcul moderne.

Practica încercării la impuls a transformatoarelor se prezintă o dată cu întreaga aparatură dezvoltată, sub conducerea autorului, în I.C.P.E. de-a lungul unor ani de rodnică şi creatoare colaborare. Aici se include detectarea defectelor în înfăşurări înainte de punerea sub tensiune, operaţie introdusă în controlul fabricaţiei curente la „Electroputere". Aparatura cu impulsuri repetate, sub tensiuni pînă la 10 kV, realizată de colectivul care se ocupă de problemele curentului de înaltă tensiune din I.C.P.E., întrece la numeroşi parametri realizările cele mai avansate din lume.

Penultimul capitol se referă la domeniul complex şi încă puţin explorat al încercării maşinilor rotative la impuls de tensiune şi al defectoscopiei izolaţiei acestor maşini.

Ultimul capitol conţine indicaţii teoretice privind stabilirea criteriilor de calitate a dispozitivelor de măsurare. Din seria Fourier se deduce transformaţia Fourier, iar din aceasta transformaţia Laplace (transformata Laplace înseamnă funcţia transformată nu relaţia de transformare !). Observăm că prin simpla adăugare a unui termen real şi pozitiv β la argumentul imaginar $j\omega$ încă nu se pot caracteriza semnificaţia şi complexitatea transformaţiei inverse Laplace (9.22) în care β trebuie să fie mai mare decît abscisa semiplanului de convergenţă a integralei Laplace, iar integrarea se face în planul complex p pe un contur închis, întîi spre dreapta la $t < 0$, neînchizînd, la sisteme quiescente, nici un punct singular şi dînd pentru funcţia original valoarea zero, şi apoi spre stînga pentru $t > 0$, cînd suma reziduurilor punctelor singulare închise determină forma şi valoarea funcţiei originale prin acelaşi procedeu care justifică matematic teorema dezvoltării lui Heaviside, utilizată în carte la deducerea funcţiilor original, de exemplu (4.18), (6.13), (6.47), (9.23). Aceste indicaţii înlesnesc poate înţelegerea deplină a formulei (9.22) în care mai lipsesc pe deasupra două semne ∞ în limitele integralei.

Răspunsul la o excitaţie armonică sau de treaptă este calificat drept criteriu de calitate a dispozitivelor de măsură (la p. 239), incomplet, deoarece numai anumite condiţii impuse acestor răspunsuri pot deveni criterii. De asemenea, eroarea sistemului nu este dată propriu-zis de timpul de răspuns (9.31). Eroarea este diferenţa curentă dintre excitaţie şi răspuns, iar constanta de timp arială (9.31), integrala erorii, *care rămîne invariantă faţă de forma excitaţiei*. Dacă sistemul are o eroare staţionară, constanta de timp devine infinită.

La sfîrşitul expunerii conţinutului îmi permit o observaţie de fond privind tocmai această constantă de timp care a făcut obiectul a numeroase lucrări ale recenzentului. Dacă definim şi calculăm constanta de timp cu ajutorul formulei (9.31), care defineşte timpul de răspuns, ne dăm seama că definirea ei ca numitor în exponentul negativ al unei exponenţiale în care numărătorul este timpul t, este arbitrară aşa cum am demonstrat-o şi unor autori străini. Dacă soluţia (3.54) se introduce în formula (9.31), rezultă constanta de timp $T = n^2RC/2$, cu circa 20 % mai mare decît $T_1 = 4n^2RC/\pi^2$ din formula (3.56). De notat că T în (3.55) depinde de $k = 1, 2, 3, \ldots$, deci trebuie notată T_k şi variază de la termen la termen al seriei (3.54). În acelaşi mod se poate deduce o constantă de timp „arială" pentru soluţia (4.14), (4.15) sau (4.28). Aceeaşi observaţie şi formulării constantelor de timp $\tau_k = RC/k^2\pi^2$ în (4.30). În schimb, în sisteme de ordinul unu cu soluţii exponenţiale simple ca în (4.59) şi (4.60) procedeul urmat de autor este valabil, deoarece duce la acelaşi rezultat ca şi aplicarea integralei (4.65) sau (9.31). Am arătat în mai multe lucrări că valoarea constantei de timp ariale se poate obţine încă înainte de a găsi soluţia explicită şi a calcula integrala (4.65), prin derivarea funcţiei de transfer, care este disponibilă imediat după aplicarea transformaţiei Laplace, şi anume $T = -Y'(0)$, constanta de timp este egală cu valoarea derivatei funcţiei de transfer în origine, luată cu semn schimbat.

Aceste observaţii nu diminuează meritele deosebite ale autorului de a fi prezentat o lucrare în care de la început pînă la sfîrşit teoria matematică este utilizată cu succes spre lămurirea fenomenelor fizice complexe, iar experimentul, bine gîndit şi ales, pentru care se confecţionează şi utilizează mijloace moderne şi eficace de măsurare, proiectate şi construite sub conducerea sau îndrumarea autorului, vine să confirme teoria. În acest fel autorul se situează pe linia majoră de legătură între ştiinţă şi producţie, între cercetarea fundamentală şi cea aplicată prevăzută în documentele de partid.

Prezentarea cărţii de către editură este îngrijită, figurile reuşite. Era bine ca nu numai semnul diferenţialei d să se scrie cu litere drepte (ca operator matematic), dar şi baza logaritmilor naturali e (ca număr aritmetic dat).

Faţă de numărul mare de formule nu este de mirare că s-au strecurat unele greşeli, care din întîmplare sînt uşor vizibile şi se pot îndrepta pe loc.

Cartea îmbogăţeşte literatura electrotehnică din ţara noastră şi se recomandă tuturor bibliotecilor de specialitate.

Acad. *Aurel Avramescu*

CZ 537 312.62 : 621.3

Aplicarea supraconductoarelor în electrotehnică. In : Bull. Soc. Franc. Electr. **8**, nr. 58, oct. 1964, p. 651–672.

În cuprinsul a şase articole cu tema „Aplicarea supraconductoarelor în electrotehnică" se expun o serie de probleme teoretice cu aplicaţii practice imediate. De fiecare dată se indică domeniul de utilizare şi perspectiva folosirii materialelor supraconductoare. Problemele prezentate se rezumă astfel :

1. M. G. Fournet : Generalităţi privind aplicarea supraconductoarelor în electrotehnică (Généralités sur les applications des supraconducteurs à l'électrotechnique).

Se examinează economiile posibile de realizat prin folosirea supraconductoarelor, principalele dificultăţi în acest sens, şi se indică posibilităţile de folosire în electrotehnică a supraconductoarelor. Astfel, se remarcă reducerea substanţială a pierderilor şi instalaţiile electrice în care se folosesc supraconductoare şi se estimează, pe un exemplu, economiile rezultate în perspectiva 1970–1980. Dacă transformatoarele şi generatoarele sînt echipate cu bobine supraconductoare, randamentul lor creşte sensibil, iar în 20 de ani economia de energie se ridică la 20.10^9 kWh. Principalele dificultăţi intervenite la utilizarea supraconductoarelor studiate de autor se rezumă la : cunoaşterea proprietăţilor supraconductoarelor în curent alternativ ; depistarea pierderilor în dispozitivele supraconductoare şi precizarea diferenţelor dintre aparatele clasice şi cele cu dispozitive supraconductoare. Se indică posibilităţile de realizare a transformatoarelor, a generatoarelor şi a diverselor categorii de maşini şi aparate cu dispozitive supraconductoare.

2. J. Huret şi A. Mailfert : Un tip de alternator cu bobine supraconductoare (Un type d'alternateur à supraconducteur).

Se prezintă schema şi se dau o serie de date caracteristice legate de construcţia aparatului.

3. A. Mailfert : Transformatorul cu bobine supraconductoare (Le transformateur à enroulements supraconducteurs).

După o succintă prezentare se indică relaţiile de calcul al puterii specifice, al cîmpului maxim în înfăşurări, al puterii specifice critice. Se indică caracteristicile unui transformator de mică putere cu înfăşurări supraconductoare. Puterea maximă transmisibilă 2750 W : $\eta = 0{,}99$, tensiunea de scurtcircuit 1 %, pierderi de putere activă 0,4 W la putere maximă şi cădere de tensiune în înfăşurări neglijabilă.

4. M. J. Favereau, şi M. L. Claude : Cvadripoli supraconductori (Quadripoles supraconducteurs).

Se prezintă tipurile noi de cvadripoli în comparaţie cu cei clasici. Se indică relaţii de calcul pentru cîmpul magnetic, pentru energia electromagnetică pe unitatea de lungime etc., ilustrîndu-se cele arătate cu un exemplu numeric.

5. M. L. Donadieu şi M. J. Krikorian : Bobinaje mari supraconductoare (Gros bobinages supraconducteurs).

Încadrînd problema autorii arată că realizarea unor astfel de bobine supraconductoare pune o serie de probleme noi ca : determinarea densităţii de curent, protecţia bobinelor, supratensiunile, regimul termic, cantităţile de gaze care se degajă la transformatoare etc. Se prezintă succint problemele enumerate, ilustrîndu-se comportarea unor bobine supraconductoare pe baza datelor experimentale culese şi comentate de autori.

6. M. J. Krikorian : Realizarea unei bobine supraconductoare cu diametrul interior de 100 mm (Réalisation d'un bobinage supraconducteur de 100 mm de diametre interieur).

Se prezintă caracteristicile bobinei, încercările experimentale efectuate şi performanţele (curent 21 A, adică 17.200 A/cm²; inductanţa bobinei 77 H; inductanţa magnetică în centrul bobinei 36400 Gs). Se indică aplicaţiile unor astfel de bobine, precizîndu-se domeniul şi perspectiva folosirii lor.

A. Carabulea

CZ 621.316.37.004.2 :662.753: 614.83

N. N. Steşenko. **Îndreptar pentru montajul şi reparaţia instalaţiilor electrice în construcţiile industriei petrolului şi gazelor, care prezintă pericol de incendiu** (Spravocinik pomontaju i remontu elektroustanovok vo vzrîvoopasnîh soorujenniia nefteanoi i gazovoi promîşlennosti). Moscova, Editura Nedra, 1964.

Editarea acestui îndreptar este foarte actuală, întrucît această lucrare este utilă nu numai pentru un larg cerc de cititori, pentru lucrătorii numeroaselor ramuri industriale, care se ocupă de reparaţia şi montajul instalaţiilor electrice, ci poate servi şi ca o carte de bază pentru proiectanţii şi constructorii care lucrează în domeniul proiectării instalaţiilor electrice şi la elaborarea echipamentului electric protejat împotriva exploziilor, a mijloacelor de control şi automatizare electrică.

Echipamentul electric aparatele de măsură şi mijloacele de reglare automată protejată împotriva exploziilor se folosesc într-un volum în continuă creştere în aproape toate ramurile economiei naţionale. Acest fapt este determinat de introducerea noilor procese tehnologice în care se folosesc lichide şi gaze agresive combustibile şi explozive. Utilajul protejat împotriva exploziilor prezintă o importanţă deosebită pentru întreprinderile chimice, pentru industria petrolului şi gazelor, la întreprinderile miniere şi carbonifere etc.

Îndreptarul publicat de inginerul N. N. Steşenko este prima încercare de a elabora un manual lărgit pentru lucrătorii serviciilor electrice, ai laboratoarelor pentru aparate de control şi măsură şi automatizare, pentru personalul tehnic inginerese, care se ocupă cu proiectarea şi montajul instalaţiilor electrice în construcţiile care prezintă pericol de explozii.

Trebuie subliniat că autorul a rezolvat în mare parte această problemă dificilă. Caracterul şi stilul expunerii materialului sînt accesibile pentru un cerc larg de cititori.

Îndreptarul conţine un vast material în formă de tabele, fiind ilustrat cu un bogat material grafic. O atenţie deosebită s-a acordat clasificării amestecurilor explozive şi diverselor cerinţe impuse faţa de utilaj, cabluri, încăperi etc. (capitolele I, II şi III). În capitolul IV se dau noţiuni detaliate şi reguli de montaj al instalaţiilor electrice, iar capitolul V se ocupă de particularităţile montajului echipamentului electric.

Capitolele VI, VII şi VIII tratează punerea la pămînt, reparaţia instalaţiilor electrice, cum şi probleme organizatorice legate de folosirea sculelor, dispozitivelor, componenţa brigăzilor de montori etc. La sfîrşitul manualului se indică o vastă listă bibliografică.

Ar fi fost necesar ca autorul să fi inclus în această carte materialele principale în legătură cu montajul şi exploatarea instalaţiilor electrice de automatizare şi semnalizare. Deoarece lucrarea a fost editată într-un număr redus de exemplare, acest lucru ar putea fi realizat cu prilejul unei ediţii viitoare.

J. T.

CZ 621.317.333.82 :621.315.624.012.5

T. Udo. **Caracteristicile de conturnare a unor distanţe mari de eclatare şi lanţuri lungi de izolatoare** (Sparkover characteristics of large gap spaces and long insulation springs). In : IEEE Transact. III **83**, nr. 5, mai 1964, p. 471—483, 34 fig., 4 ref.

Se prezintă rezultate inedite de o mare importanţă obţinute în Japonia cu ajutorul unei staţii de impuls de 10 MV şi 750 kI. Staţia aparţine Institutului central de cercetări a industriei electrotehnice şi este instalată la Shiobara, la aproximativ 150 km de Tokio. O sută de condensatoare de 100 kV şi 1,5 μF, cu o masă de peste 40 t au fost suspendate de un portal de oţel cu o înălţime de 37,4 m cu ajutorul a opt lanţuri de izolatoare. Cincizeci de rezistenţe de cîte 10Ω au fost inserate între etajele interne. Divizorul de tensiune de 4 kΩ s-a dispus la numai 3 m de coloana generatorului de impuls, ceea ce a permis renunţarea la inele de gardă, dirijarea potenţialelor făcîndu-se direct de etajele generatorului. Capacitanţa acestuia de 0,015 μF permite obţinerea directă a undelor de impuls de $(1 \div 1{,}7) \times (45 \div 47)$ μs, normale conform CEI. Tensiunea se înregistrează cu ajutorul unui oscilograf catodic de mare viteză, un eclator servind numai la etalonarea divizorului de tensiune. S-a constatat o eroare de circa 5% între măsurările pe cele două căi, deocamdată neputîndu-se elucida, dacă ea se datoreşte erorii divizorului, micii oscilaţii care apare pe fruntea undei sau a unei inadvertenţe în interiorul generatorului. Pentru a produce unde de supratensiuni de conectare, se leagă 2-3 condensatoare în paralel, capacitatea totală crescînd la 0,06 respectiv 0,14 μF. Rezistenţe în serie (200Ω), limitează curentul de descărcare. Astfel se obţine o undă de $(10600) \times (2000 \div 3000)$ μs cu oscilaţii amortizate corespunzător. Cele două figuri alăturate reprezintă schemele de conexiuni pentru cele două circuite (fig. 1a şi 1 b) şi schiţa de gabarit a instalaţiei (fig. 2).

Lucrarea este însoţită de 26 diagrame, înfăţişînd rezultatele obţinute cu ajutorul acestei instalaţii remarcabile în domeniul conturnării unor distanţe de 3 pînă la 10 m între electrozi de diferite forme şi de-a lungul unor lanţuri de izolatoare. Între altele, se dau caracteristicile de impuls al eclatoarelor tijă-placă pentru polaritatea negativă la distanţe disruptive de 3, 4, 5 şi 6 m, în funcţie de tensiunile de impuls pînă la 6 MV creastă. Toate valorile măsurate sînt corectate

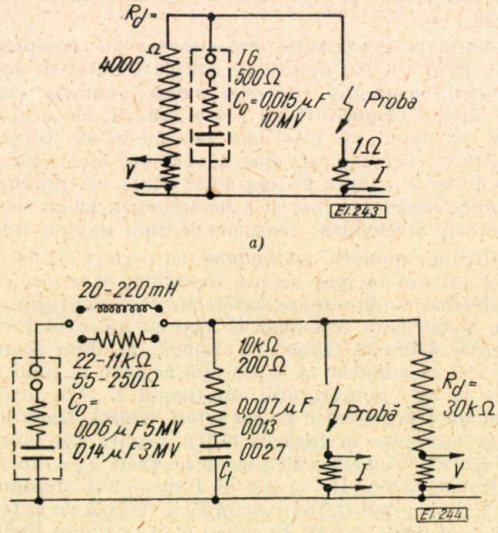


Fig. 1

în funcţie de densitatea aerului, dar necorectate pentru umiditate, dar condiţiile de umiditate s-au înregistrat precis.

Rezultatele au fost comparate cu cele anterior publicate de alţi autori, găsindu-se unele diferenţe sistematice, de exemplu, tensiuni de străpungere a eclatoarelor tijă-tijă cu 3% mai joase decît cele măsurate de Hagenguth. La distanţe

disruptive mari apar curenţi Corona de o valoare foarte mare (2 kA), unda de impuls fiind distorsionată în consecinţă. Caracteristica de impuls tensiune-timp variază, în astfel de cazuri, cu capacitatea şi rezistenţa internă a generatorului.

Din concluziile lucrării reţinem următoarele : 1) s-au obţinut tensiunile de străpungere a eclatoarelor tijă-tijă şi tijă-placă pînă la distanţe disruptive de 8 m. Diferenţa dintre ele este mult mai mică la polaritatea pozitivă decît la cea negativă ; 2) caracteristica de impuls tensiune-timp s-a extins pînă la distanţa de 7 m ; 3) s-au obţinut valorile critice ale tensiunii de conturnare a lanţurilor de izolatoare cu 30 — 35 elemente tip K3 şi 5—6 elemente tip coloană de 1255 mm înălţime ; 4) factorii de corecţie pentru umiditate, daţi de NEMA, sînt prea mari pentru lanţuri lungi de izolatoare ; 5) tensiunea de străpungere a eclatoarelor tijă-placă este foarte joasă pentru polaritatea pozitivă şi unde cu frecvenţa de 100—400 μs şi surprinzător de înaltă pentru durata de 500 μs a frunţii. În cazul distanţelor mari, tensiunea de străpungere la unde lungi de supratensiuni (tip de comutare) scade sub tensiunea corespunzătoare la 50 Hz ; 6) pentru eclatoare cu sfere nu s-a observat nici o diferenţă în tensiunea critică de străpungere în funcţie de forma tensiunii ; 7) tensiunea de conturnare pentru unde de impuls lungi nu creşte liniar cu lungimea probei, deci rezultate obişnuite sub 1,5 MV nu se pot extrapola peste 1,5 MV.

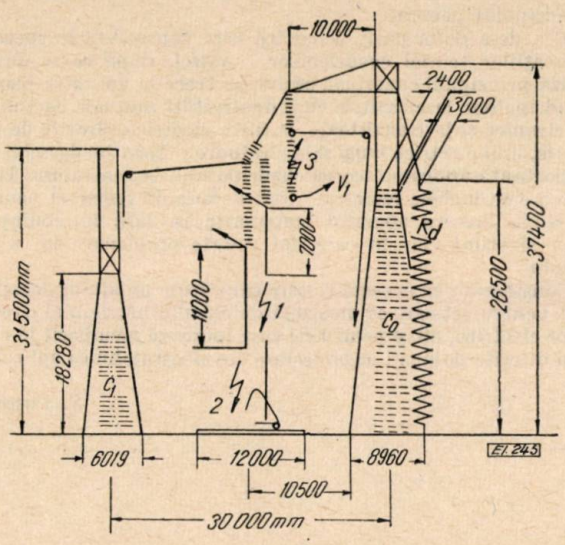


Fig. 2

Evident, datele experimentale obţinute cu această instalaţie remarcabilă vor avea o mare importanţă pentru proiectarea liniilor de foarte înaltă tensiune.

Acad. *Aurel Avramescu*

CZ 621.319.4.(022) (438)

S. Grzybowski. **Condensatoare în electroenergetică** (Kondensatory w energoelektryce). Varşovia, Widawmictwa Naukowow Techniczne, 1963, 389 pag., 248 ref. bibl.

Condensatoarele de forţă au tot mai multe aplicaţii în tehnica curenţilor tari şi, în special, în domeniul tensiunilor înalte. Iniţial, aceste condensatoare erau folosite numai la compensarea factorului de putere, prin montarea în derivaţie pe reţelele de joasă şi medie tensiune. Dezvoltarea energeticii a dus la creşterea necesarului de putere reactivă şi practica a arătat că pentru fiecare kVA de putere instalată în centralele electrice este necesar cîte un kVAr de condensator montat în reţelele electrice. De aici a reieşit necesitatea fabricării condensatoarelor pentru îmbunătăţirea factorului de putere într-o gamă mai largă de puteri şi tensiuni.

În afară de acest domeniu, condensatoarele de forţă îşi găsesc aplicarea în tehnica tensiunilor înalte, şi anume în construcţia generatoarelor de impuls de curent şi tensiune. Condensatoarele de cuplaj folosite la instalaţiile de telecomunicaţii pe liniile de transport de energie electrică de înaltă tensiune se încadrează şi ele în categoria condensatoarelor de forţă. Lucrarea colectivului condus de către S. Grzybowsky are scopul să prezinte aspectele generale ale folosirii condensatoarelor în electroenergetică.

Primele capitole ale cărţii tratează despre teoria circuitelor electrice cu condensatoare. Astfel, capitolele unu şi doi se ocupă de analiza schemelor electrice cu condensatoare, insistînd în special asupra fenomenelor tranzitorii. Ambele capitole au un pronunţat caracter teoretic, cu probleme analizate în manualele clasice de electrotehnică specială.

În cel de-al treilea capitol se prezintă construcţiile condensatoarelor pentru îmbunătăţirea factorului de putere. Se începe cu studiul materialelor active folosite în construcţiile actuale, respectiv dielectricul format din hîrtie specială şi impregnată în uleiuri minerale sau în materiale sintetice clorurate, de tipul Klaphen sau Aroclor. Se arată avantajele evidente ale folosirii dielectricilor lichizi cloruraţi, şi anume : ridicarea gradientului electric de străpungere şi deci de lucru, mărirea stabilităţii termice, repartizarea mai uniformă a gradienţilor de potenţial asupra celor două componente ale dielectricului şi completa incombustiune a condensatoarelor impregnate cu aceste materiale.

Încercările condensatoarelor sînt analizate în capitolul patru, insistîndu-se asupra măsurărilor dielectrice.

Studiul compensării factorului de putere prin montajul în derivaţie al condensatoarelor este prezentat în capitolul cinci, iar compensarea longitudinală a căderilor de tensiune inductivă prin conectarea în serie a bateriilor de condensatoare este analizată în capitolul şase. Trebuie remarcat că folosirea condensatoarelor „serie" a luat o mare extindere nu numai la liniile de foarte mare tensiune, ci şi la cele de medie tensiune, datorită eficienţei economice ridicate.

Construcţia acestor condensatoare se deosebeşte net de construcţiile condensatoarelor „derivaţie" prin folosirea dispozitivelor de mărire a siguranţei în exploatare. De altfel, şi încercările condensatoarelor „serie" sînt mult mai severe decît ale condensatoarelor „derivaţie".

Alte tipuri de condensatoare de forţă sînt prezentate, pe scurt, în capitolul şapte. Este vorba, în primul rînd, de condensatoarele folosite la instalaţiile de tratamente termice lucrînd la frecvenţe medii (2—15 kHz). Aceste condensatoare au tot funcţia de compensare a factorului de putere însă, datorită frecvenţelor ridicate la care lucrează, pierderile dielectrice pe unitatea de volum şi pe suprafaţa de răcire a curenţilor sînt foarte mari şi de aceea se impun forme constructive speciale pentru intensificarea transmisiei căldurii. Celelalte tipuri de condensatoare de forţă sînt prezentate pe scurt.

Capitolele opt şi nouă se ocupă de proiectarea instalaţiilor de condensatoare pentru îmbunătăţirea factorului de putere, insistîndu-se asupra condiţiilor specifice ale energeticii din R.P.Polonă. În problema aceasta, pe lîngă aparatajul de comandă, comutaţie şi protecţie, intervine şi aspectul automatizării reglajului compensării. Această compensare se poate face pe trei căi, şi anume : intensitate, tensiune sau putere.

În lucrare se analizează eficienţa automatizării prin fiecare dintre aceste trei metode. Ca tendinţă generală, în economia energetică mondială trebuie remarcată trecerea de la reglajul manual la reglajul automatizat al bateriilor de condensatoare.

Ultimele capitole (X şi XI) tratează unele probleme ale exploatării condensatoarelor.

Este de menţionat că aproape jumătate din volumul cărţii (circa 150 pagini) este destinată problemelor pur teoretice ale circuitelor electrice cu condensatoare. Considerăm că abordarea era justificată numai pentru principalele probleme teoretice legate de capitolele dedicate construcţiei şi exploatării condensatoarelor. Aşa cum este tratată în lucrare, această parte teoretică are un caracter de curs de electrotehnică.

În schimb, prezentarea propriu-zisă a construcţiilor de condensatoare, necesară cunoaşterii lor de către energeticieni, este sumar făcută, ocupînd un spaţiu redus. Acelaşi aspect îl prezintă şi capitolul dedicat încercărilor condensatoarelor, care interesează nu numai pe constructorul de condensatoare, dar şi pe inginerul energetician din exploatare.

Lucrarea este clar scrisă şi ilustrată cu numeroase fotografii şi diagrame. Are calitatea unui manual bun, în special pentru studenţii energeticieni şi, în unele domenii, pentru inginerii din exploatările energetice.

A. Bercu

CZ 621.372

C Şora. **Cuadripolul electric.** Bucureşti, Editura tehnică, 1964.

Lucrarea profesorului universitar C. Şora de la Institutul politehnic din Timişoara, „Cuadripolul electric", vine să completeze literatura de specialitate într-un domeniu interesant şi de o importanţă deosebită şi anume în calculul circuitelor electrice.

Cartea se referă la noţiunile principale din teoria cuadripolului, autorul propunîndu-şi, de asemenea, să arate şi modul de aplicare a acestei teorii în practică. Trebuie arătat că autorul nu şi-a propus să dezvolte problemele din punctul de vedere strict al unei specialităţi, ci le-a tratat de pe poziţiile bazelor electrotehnicii. Lucrarea este împărţită în două mari părţi: „Elemente din teoria cuadripolului" şi „Aplicaţii ale teoriei cuadripolului". În prima parte se tratează în mod sistematizat noţiunile introductive din teoria circuitelor electrice, noţiunile de bază şi relaţiile generale ale circuitelor cuadripolare. Se insistă, în mod special, asupra cuadripolului în înţeles restrîns, punîndu-se un deosebit accent asupra semnificaţiei fizice a constantelor cuadripolului în înţeles restrîns, cum şi asupra determinării lor pe cale experimentală. De o deosebită atenţie se bucură problema interconectării cuadripolilor, cum şi aceea a parametrilor acestora. La sfîrşitul primei părţi se tratează despre cuadripolul general.

Cea de-a doua parte a lucrării este consacrată în special, aplicaţiilor teoriei cuadripolilor. Astfel, după ce se analizează principalii cuadripoli pasivi, se trece la aplicarea teoriei cuadripolilor la circuitele cu inductivităţi mutuale, la tuburi electronice şi la tranzistoare, la filtre electrice, circuite de corecţie, linii electrice lungi şi la giratoare. Socotim deosebit de importantă aplicarea teoriei cuadripolului la generatorul Hall cu care se încheie lucrarea. Sînt demne de remarcat pentru întreaga lucrare aparatul matematic modern întrebuinţat, cum şi stilul clar în care sînt redate problemele în acest volum.

Considerăm că această lucrare constituie un ajutor deosebit atît pentru cei care se preocupă de calculul modern al circuitelor electrice, cît şi pentru cei care lucrează nemijlocit în cele mai diferite domenii de proiectare din electrotehnica aplicată.

S. Puşcaşu

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 621.3.039.8

D e t z e r, K. **Utilizarea „radionucleidelor" în electrotehnică** (Utilisation des radionucléides dans l'électrotechnique). In: Bull. ASE **55**, nr. 5, 1964, p. 213—217, 44 ref. bibl.

Utilizarea izotopilor radioactivi (radionucleide) în cercetările industriale şi în practica uzinelor beneficiază de domenii tot mai largi de aplicare. Astfel, ei au fost folosiţi ca indicatori în rezolvarea problemelor privind viteza de trecere, exploatările hidrologice, injectările de ciment în sol, forajul. În domeniul electrotehnicii folosirea acestora a început mult mai tîrziu. Se poate menţiona totuşi folosirea radionucleidelor în tehnica tuburilor electronice, a corpurilor de iluminat a acumulatoarelor, în analiza unor procese electrolitice la examinarea procedeului de sudare, radiografii, decalajul axial al rotoarelor de turbină, măsurarea gradului de umiditate etc.

Unul dintre principalele avantaje ale măsurărilor radioactive constă în prezentarea rezultatelor sub forma unor impulsuri de curent, ceea ce permite folosirea lor imediat în scopuri de reglare şi comandă a unor parametri ai proceselor industriale.

Fl. T.

CZ 621.3.042.2.048.2

M ü h l i n g h a u s, A. **Izolarea tolelor electrice** (Die Isolierung von Elektroblechen). In: ETZ-B, nr. 3, ianuarie 1965, p. 49—51, 1 fig.

În primul rînd se descriu tolele electrice din fier-siliciu, şi se arată rolul pe care îl îndeplinesc acestea în maşinile şi transformatoarele electrice. Apoi se reamintesc noţiunile de curenţi Foucault, producerea lor în funcţie de cîmp, inducţie, grosimea tolelor şi izolaţia dintre acestea.

Se discută apoi cîmpul electric al simburelui, explicîndu-se mărimea şi direcţia curenţilor Foucault şi cîmpul electric respectiv întîi la tole şi apoi la stratul izolator. Trecîndu-se apoi la cîmpul electromagnetic se demonstrează printr-un exemplu cifric că, datorită izolaţiei dintre tole, curentul Foucault este redus la 1.10^{-6} din valoarea iniţială. Referitor la rezistenţa izolaţiei se menţionează o experienţă a lui F. Emde, în baza căreia tensiunea dintre două tole învecinate este de 63 mV, ţinîndu-se seamă de anumite valori ale inducţiei, ale grosimii tolelor, ale izolaţiei dintre ele şi ale lăţimii simburelui. Tensiunea de mai sus la două tole învecinate este de mărime egală şi de sens invers. Stratul izolator trebuie să reziste (să nu fie perforat) şi la tensiunile maxime posibile între două tole.

Alte cerinţe care se mai pun izolaţiei sînt de ordin mecanic şi chimic. Astfel se cere stratului izolator rezistenţă la presiune în scopul reducerii volumului simburelui. Corespunzător condiţiilor puse tolelor, stratul izolator trebuie şi el să prezinte anumite valori de duritate, elasticitate şi alungire.

Din punct de vedere chimic se iau în considerare rezistenţa la umiditate şi temperatură, cum şi contactul cu mediul de răcire (apă, clofen etc.) sau cu ungerea care se face în timpul ştanţării. Stratul de izolaţie trebuie să fie, pe de o parte, cît mai subţire pentru a mări coeficientul de umplere, iar pe de altă parte să netezească asperităţile eventuale ale tolelor.

Pentru izolaţie se fabrică actualmente hîrtii cu grosimi de 13—20 μm. Se utilizează, de asemenea, tole oxidate, renunţîndu-se la hîrtie. În ultimul timp s-au realizat anumite lacuri cu însuşiri superioare de izolare. În încheiere se discută grosimea stratului de izolaţie, făcîndu-se şi o comparaţie între cazurile cînd se aplică stratul de izolaţie pe o singură parte sau pe ambele părţi ale tolei.

Gh. C.

CZ 620.178.53 :538.54

K a p t o v, V. M. şi K l i u e v, V. V. **O metodă de măsurare a vibraţiilor cu ajutorul curenţilor turbionari** (O metode izmerenia vibraţii s pomosci vihrevîh tokov). In: Priborostroenie, nr. 9, 1964, p. 4—6, 5 ref. bibl.

Una dintre metodele de transformare a parametrilor mecanici în semnale electrice utilizează curenţi turbionari. Frecvenţele de rezonanţă întîlnite în procesele mecanice ale mecanismelor şi maşinilor sînt cuprinse în gama de frecvenţe 10—20 kHz; măsurarea acestora cu metodele clasice nu dă întotdeauna rezultatele scontate. Metoda descrisă de autori foloseşte o aparatură complet statică, precizia fiind influenţată doar de fixarea aparatului pe corpul căruia se studiază vibraţiile. Aparatul realizat de Institutul Bauman (al cărui principiu se descrie pe larg) permite controlul amplitudinilor de la 1 μ pînă la 1 mm, iar frecvenţa în gama 20—10 kHz. Datele de exploatare obţinute indică buna funcţionare a aparatului în cele mai diferite situaţii.

Fl. T.

CZ 621.313 *Mașini electrice*

CZ 621.313.048.1 :621.315.617.3

Ekcardt, H. **Impregnarea bobinajelor mașinilor electrice** (Imprägnieren von Wicklungen elektrischer Maschinen). In : Elektrie **18**, nr. 4, 1964, 3 fig.

Pentru impregnarea mașinilor electrice mici se prezintă un dispozitiv semiautomatizat. Cu acest dispozitiv se efectuează impregnarea sub presiune a statoarelor cu lungimea pachetului de tole pînă la 250 mm și cu diametrul tot pînă la 250 mm.

Statorul este montat în dispozitiv prin două capete, dintre care unul este în legătură cu rezervorul de lac, iar celălalt cu un canal de scurgere a lacului. Lacul este pompat cu o presiune de 2—3 at în crestăturile statorului, impregnînd și bobinajele respective. Surplusul de lac, ca și aerul din crestături, ies prin cel de-al doilea cap al dispozitivului, scurgîndu-se prin canalul lateral și, filtrîndu-se printr-un dispozitiv special, trec din nou în rezervorul de lac. Suprafața exterioară a statorului nu este acoperită cu lac. Durata de lucru a impregnării în funcție de dimensiunile statorului este între 5 și 20 s.

După impregnare, statorul este supus operației de polimerizare în cuptoare pe bandă. Trebuie arătat că la această instalație pot fi impregnate tipuri variate de motoare, schimbîndu-se doar dispozitivele (capetele) de strîngere.

Instalația se pretează unei automatizări complexe pentru producția de mare serie.

A.B.

CZ 621.313.3

Langhen, A. M. **Particularitățile calculului regimului sincron al motorului reactiv**. In : Elektricestvo, nr. 9, 1964, p. 60—65.

Se arată că interesul pentru motorul sincron reactiv a crescut simțitor în ultimul timp, datorită lărgirii sferei de aplicare a acestuia. În același timp recomandările cu privire la calculul reactanțelor ciclice ale reacției indusului, longitudinală și transversală, nu sînt aplicabile în cazul motoarelor reactive cu o putere mai mică decît 100 W, datorită ipotezelor simplificatoare adoptate.

Se consideră permeabilitatea magnetică a circuitelor feromagnetice infinită ; se neglijează armonicele spațiale superioare ale cîmpului magnetic în întrefierul mașinii.

În articol se determină caracteristicile funcționale ale motorului reactiv, luîndu-se în considerare atît repartiția reală, spațială a cîmpului în întrefier, cît și influența saturației circuitului magnetic. Relațiile obținute sînt valabile pentru motoarele de orice putere de acest tip.

V. N.

CZ 621.313.32.001.24

Fedorov, V. F. **Cu privire la limitele aplicării ecuațiilor liniarizate ale mașinii sincrone.** În : Elektricestvo, nr. 10, 1964, p. 18—20.

Multe probleme, legate de funcționarea mașinii sincrone în regim de oscilații electromecanice, descrise prin ecuații diferențiale neliniare, se rezolvă liniarizînd ecuațiile respective. Astfel, în problemele de reglaj ale excitației mașinii sincrone, în funcție de curentul statorului și de derivatele sale, se iau în considerare numai termenii fundamentali ai descompunerii în serie Taylor ai caracteristicii unghiulare mecanice și ai curentului statorului.

Aplicînd metoda liniarizării armonice se stabilesc limitele aplicării teoriei liniare a oscilațiilor forțate ale mașinii sincrone.

Se arată că eroarea teoriei liniare este de aproximativ 10% la aplicarea unui cuplu extern, a cărei componentă fundamentală nu depășește 0,24 u.r. (unități relative).

V. N.

CZ 621.313.322—81.042.001.5

Hahn, W. **Influența calității tolelor asupra proiectării încălzirii și puterii la turbogeneratoarele de mare putere.** (Einfluss der Qualität der Elektrobleche auf die Auslegung, Erwärmung und Leistung grosser Turbogeneratoren). În : Elektrie, nr. 4, aprilie 1964, p. 105—109, 8 diagr., 1 fig.

Producătorii de tole și-au îndreptat eforturile, în special, în direcția creșterii puterii de magnetizare, a scăderii pierderilor la inversarea sensului de magnetizare și a obținerii unor însușiri optime în privința prelucrării și a comportării în exploatare. S-au obținut, astfel, tole laminate la cald cu coeficienți de pierdere pînă la 0,41 W/kg și grosimi pînă la 0,2 mm. Urmează o discuție privind rezistența mecanică la vibrații a tolelor cu diferiți coeficienți de încovoiere. Sînt prezentate apoi în trei diagrame, la tolele „textur", inducțiile $B_{max} = f(H_{max})$ în direcția laminării sau perpendicular pe această direcție. Diagramele ne dau o imagine a influenței orientării granulelor la laminare asupra magnetizării.

Trecîndu-se la pierderile în fier (histerezis) se explică originea acestora (prin ștanțare) la turbogeneratoare și la transformatoare și se dau apoi pentru turbogeneratoare formule pentru încălzirea în funcție de suprafața răcită, de căldura care urmează să fie evacuată etc.

Privitor la încălzirea în exploatare este indicată o formulă în care — pe lîngă însumarea încălzirilor în scurtcircuitul simetric la curentul nominal și la mersul în gol — se adaugă un factor de corectare, care este pozitiv la generatoarele cu răcirea de hidrogen și negativ la generatoarele cu răcirea de aer. Explicîndu-se cauza acestei diferențe, se prezintă într-un grafic valorile pierderilor în fier la diferite generatoare executate în funcție de calitatea tolei. Urmează considerații relative la creșterea randamentului prin reducerea diferitelor încălziri, datorită calității tolelor.

În alte trei grafice sînt reprezentate — tot în funcție de calitatea tolelor — puterile aparente, randamentele și procentajele de cost al tolelor la turbogeneratoarele executate în practică (cu puteri pînă la 125 MVA). Se conchide că utilizarea tolelor cu pierderi reduse reprezintă un deosebit avantaj la turbogeneratoare.

Gh. C.

CZ 621.313.322—81 :62—71

Eisenschmidt, E. **Turbogeneratoare cu răcire cu hidrogen și posibilități de mărire a puterii prin răcirea cu apă.** (Turbogeneratoren mit Wasserstoffkühlung und Möglichkeiten der Leistungssteigerung durch Wasserkühlung). În : Elektrie, nr. 4, apr 1964, p. 114—116, 3 fig. 5 grafice.

În introducere se arată că, în ce privește greutatea mașinilor, aceasta a scăzut la turbogeneratoare de la 2,8 kg/kVA, în 1929, la 1,5 kg/kVA, în 1956. Relativ la dezvoltarea marilor unități (sînt în proiect mașini de 600 și de 1 000 MVA), unde rolul principal îl are răcirea, se face o comparație între răcirea cu hidrogen și cea cu aer.

Astfel, la răcirea prin hidrogen, pierderile prin frecare reprezintă doar 1/10, față de cele prin răcire cu aer. După ce se indică unele avantaje ale acestei răciri (conductibilitatea termică este de 7 ori mai mare decît la aer), urmează un grafic conținînd pierderile la o putere de 50 MVA (în cazul hidrogenului și al aerului). Se arată că dimensiunile părții active ale generatorului de 50 MVA răcit cu hidrogen corespund puterii de 32 MW în cazul răcirii cu aer sau că dintr-un generator răcit cu hidrogen se poate scoate o putere cu 20% mai mare decît în cazul răcirii cu aer. Într-un grafic se arată influența încălzirii rotorului în funcție de presiunea hidrogenului, arătîndu-se, de exemplu, că la o creștere a presiunii de la 1 la 2 at coeficientul termic de trecere se dublează.

Se trece, în continuare, la răcirea cu apă și se demonstrează că aceasta s-a introdus, în primul rînd, la statoare. Motivul constă în diferența de capacitate termică față de gaze, arătată comparativ într-un grafic. Sînt indicate cîteva dintre avantajele de ordin constructiv, care decurg de aici. Astfel, se arată că la un generator de 500 MW puterea compresorului (în cazul răcirii cu gaz) necesită cîteva sute de kilowați, pe cînd puterea pompei (în cazul răcirii cu apă) este de 10 kW. Apoi izolația electrică se conservă mai bine la răcirea cu apă.

În concluzie, autorul descrie un generator de 100 MW, care se construiește în prezent în R.D.G. și care va servi pentru o serie întreagă de experiențe, în primul rînd, privind răcirea (apă în stator și gaz în rotor) și apoi în scopul

reducerii pierderilor celorlalte, prin variaţia calităţii tolelor, amenajarea diferită a capetelor de bobinaj, etc. Se urmăreşte astfel creşterea puterii, respectiv reducerea dimensiunilor maşinii.

Gh. C.

CZ 621.313.323.012.6

Bertinov, A. I., Varlei, V. V. şi Miziurin, S.P. **Expresia forţelor electromagnetice în motorul cu rotor rostogolitor.** În : Elektricestvo, nr. 8, 1964, p. 58—62.

Se stabilesc ecuaţiile de funcţionare a motorului cu rotor rostogolitor (tip Moskvitin) în ipoteza repartiţiei sinusoidale spaţiale a cîmpului magnetic inductor şi a circuitului magnetic supraconductor în zona activă.

Ecuaţiile obţinute pentru forţa de atracţie indirecţională şi cuplul electromagnetic scot în evidenţă influenţa excentricităţii rotorului faţă de cilindrul statorului, influenţa înfăşurării de premagnetizare, influenţa înfăşurării inductoare asupra funcţionării maşinii.

Formulele obţinute teoretic au fost verificate experimental.

V. N.

CZ 621.313.17.012.416 :537.228.4

Bonnefille, M. R. **Constituţia şi caracteristicile a două prototipuri de motoare folosind efectul Hall.** (Constitution et caractéristiques de deux prototypes de moteurs à effet Hall). În : B.S.F.E. **8**, nr. 60, dec 1964, p. 757—760, 7 fig., 3 ref. bibl.

După prezentarea succintă a principiilor de demarare şi de reglaj al vitezei motorului asincron monofazat, care foloseşte efectul Hall, se indică condiţiile optime de funcţionare şi se descriu realizarea şi performanţele a două tipuri de motoare, primul cu alimentare pe partea statorică, iar al doilea alimentat pe partea rotorică. Motorul asincron cu alimentare statorică este descris sumar, iar cel cu alimentare rotorică se studiază sub aspect teoretic şi practic. Datele prezentate arată avantajele noului tip de motor faţă de cel clasic. Comparaţia numerică efectuată scoate în evidenţă ordinul de mărime al principalelor caracteristici care intervin în proiectare în cazul motorului folosind efectul Hall, faţă de motorul de tip obişnuit.

În cazul motorului cu alimentare pe partea rotorică se indică relaţiile de calcul al cuplului electromagnetic şi se arată, pe o serie de curbe, variaţia lui în funcţie de alunecare. Se indică schema de principiu pentru motorul cu alimentare statorică, cum şi pentru cel cu alimentare rotorică. Se descrie realizarea unui motor bazat pe efectul Hall, se dă schema pe care s-au făcut măsurările şi se trasează o serie de curbe privind variaţia cuplului în funcţie de alunecare, considerînd un montaj cu 18 faze (nouă faze cu două bobine în paralel şi nouă faze cu două bobine în serie). Folosirea unor asemenea motoare în diverse aplicaţii industriale sub forma de servomecanizare este actuală, iar dacă se aduc unele îmbunătăţiri, folosirea lor în perspectivă nu va întîmpina dificultăţi.

A. C.

CZ 621.313.333.1/2.045.56 :621.315.553

Alger, P. L. **Un motor cu fază auxiliară, cu bare din Alnico în rotor** (A capacitor motor with alnico bars in the rotor). In : I.E.E.E. Trans. Power App. and Syst., **83**, nr. 10, oct 1964, p. 989—997, 19 fig.

Se consideră un motor de 1 CP cu fază auxiliară decalată prin condensator, cu colivia rotorului turnată din aluminiu şi cu bare de Alnico aşezate în partea exterioară a crestăturilor rotorului. S-au făcut încercări cu un condensator în serie cu una dintre fazele bobinajului statoric, cum şi cu cele două faze legate normal. Au fost încercate trei rotoare diferite : un rotor obişnuit şi două rotoare cu bare de Alnico de diferite mărimi. S-a constatat că rotoarele cu bare de Alnico au luat, la pornire, un curent mai mic, fără a dăuna vitezei nominale la plină sarcină, şi au dat curbe cuplu-viteză mai plate. De îndată ce este deconectat de la reţea, motorul lucrează ca o frînă pînă la oprire, din cauza curentului indus în bobinajul în serie cu condensatorul, de către fluxul barelor de Alnico. Performanţele obţinute sînt, în special, potrivite cazurilor în care se cere un reglaj pe o gamă largă de viteze.

Se fac observaţii asupra unui motor monofazat cu fază auxiliară, cu decalaj prin condensator şi cu rotor bobinat, cînd se conectează în circuitul rotoric un saturistor (care este o bobină avînd Alnico în circuitul său magnetic) ; rezistenţa rotorului este normală la viteza nominală, dar creşte la viteze mici, dînd curent de pornire mai mic şi cuplu de pornire mai mare pentru o alunecare la plină sarcină dată ; raportul impedanţei la rotor calat şi impedanţei la viteza nominală este mult mai mare, micşorînd raportul dintre capacitatea la pornire şi aceea de mers normal ; la curent mic, rezistenţa rotorului va fi mică şi aproape independentă de frecvenţă, în timp ce ea va fi mai mare şi aproape proporţională cu frecvenţa la curenţi mari ; raportul dintre momentul de răsturnare şi momentul la pornire pentru un saturistor dat va fi mai mic, dînd posibilitatea să se comande viteza motorului prin variaţia tensiunii de linie, fără pierderi mari în cuprul statorului.

H. A.

CZ 621.313.333.2 :534.83

Kovacs, E. **Probleme privind zgomotele şi vibraţiile la motoarele trifazate cu rotor în colivie** (Rövidrezart haromfazisu motoroc Zaj-es rezgesproblemai). In : Elektrotechnika **57**, nr. 6, iun 1964, p. 213—225, 10 fig., 3 tabl., 23 ref. bibl.

În articol se arată că producerea zgomotelor are drept cauză frecările părţilor mecanice ale mecanismelor în mişcare, şi anume : zgomotele produse în lagăre, zgomotele de ventilaţie şi zgomotele electrice. Ultimele se subclasifică în alte două categorii. Cunoscîndu-se dimensiunile elementelor principale ale maşinilor electrice, condiţiile de ventilaţie şi repartiţia eforturilor de deformare în lungul rotoarelor se pot determina, analitic, amplitudinea şi frecvenţa zgomotelor. Experienţa arată că, deşi se iau o serie de măsuri de construcţie, intensitatea zgomotelor creşte aproape proporţional cu puterea maşinii. În articol se analizează aceste aspecte, indicîndu-se o serie de îmbunătăţiri constructive ale maşinilor la care zgomotele scad cu 20 de foni la aceeaşi putere nominală. În articol se indică formulele de calcul pentru rezonanţa fundaţiei şi cele referitoare la deformaţiile dinamice. În studiul efectuat, autorul acordă o atenţie deosebită construcţiei întrefierului maşinilor electrice în scopul obţinerii unei repartiţii dorite a cîmpului magnetic în lungul rotorului. Problema prezintă interes, în special, pentru atenuarea vibraţiilor. Se stabilesc relaţii de calcul pentru forţele axiale care iau naştere în cazul vibraţiilor. La sfîrşit articolul cuprinde o serie de recomandări practice privind reducerea zgomotelor şi a vibraţiilor la motoarele trifazate cu rotorul în colivie.

A.C.

CZ 621.313 :621.333.361.072.2

Jarvis, E. A. K. **Reglajul tensiunii motorului în tracţiunea cu curent alternativ** (Control of voltage în a.c. traction). In : Proc Instn. electr. Engrs. vol. **111**, nr. 7, iulie 1964. p. 1305—1323, 24 fig.

În articol se descriu şi se compară diverse moduri de a varia tensiunea aplicată motoarelor monofazate de tip cu comutator, pentru tracţiunea feroviară. Se arată motivele pentru care dispozitivele de reglaj de la minimum la maximum, fără trepte, al tensiunii nu sînt des adaptate şi se folosesc mai des transformatoare cu prize. Orice dispozitiv care poate efectua reglaj continuu fără trepte al tensiunii, de la zero la maximum, prezintă următoarele dezavantaje : dacă reglajul se face prin blocarea tensiunii alternative, absoarbe o mare putere aparentă ; dacă reglajul se face prin amplificatoare magnetice, prin redresoare reglabile sau prin regulatoare electromecanice, apare un surplus de cheltuială şi, respectiv, în ultimele două cazuri un surplus de greutate.

Numeroase metode pentru schimbarea prizelor transformatoarelor sînt prezentate împreună cu efectele lor relative asupra capacităţii de rupere. Se compară din punctul de vedere al puterii necesare circuite realizate folosind diverse metode de comutare pe înaltă sau joasă tensiune.

Articolul se încheie cu o tabelă pe şase pagini, în care sînt arătate, pentru 26 ţări :

1) ţara, locomotiva (de la 1 400 kVA în sus), nr. de serie ; 2) nr. de locomotive în 1964 ; 3) anul de cînd sînt în serviciu ; 4) roţi motrice ; 5) tensiunea de linie ; 6) frecvenţa de linie ; 7) puterea nominală, kVA ; 8) puterea la ax pentru toată locomotiva, CP ; 9) curent de pornire total per locomotivă ; 10) nr. de prize ; 11) nr. de came ; 12) unde se face comutaţia (tensiune înaltă sau joasă) ; 13) descrierea circuitului de comutare ; 14) observaţii : motoare de curent alternativ dacă nu se indică altfel.

H. A.

CZ 621.314 *Transformatoare*

CZ 621.314.2.017.72.048.83

Sisov, M. I. **Probleme de izolaţie şi răcire a transporturilor cu elegaz** (Vaprosî izolaţii i ohlajdenia elegazovîh transformatorov). În : Elektricestvo, nr. 11, 1964, p. 46—50, 10 fig.

Proprietăţile elegazului (SF_6) îl fac apt pentru folosirea ca izolant. Elegazul are o rigiditate dielectrică de 2,5 ori mai mare decît a aerului în cîmpuri electrice uniforme şi neuniforme ; este stabil termic pînă la 180 °C, şi numai în prezenţa apei şi a unor metale ; fierbe la — 63,8 °C ; sub acţiunea efectului Corona şi a scînteilor electrice se descompune foarte puţin, produsele descompunerii fiind toxice, dar absorbite total de hidroxidul de aluminiu activat şi de silicagel ; elegazul este neinflamabil.

Pentru studierea izolaţiei principale a transformatoarelor s-au făcut încercări pe modele şi pe un dispozitiv cu electrozi din conductoare de bobinaj. Sînt date rezultatele experimentale ale încercărilor de străpungere la impuls cu comandă plină şi tensiune alternativă ; sînt date rezultatele experimentale obţinute referitoare la variaţia tensiunii de străpungere în funcţie de presiunea gazului. În urma analizei rezultatelor experimentale s-a ajuns la concluzia că pentru condiţiile din U.R.S.S. presiunea cea mai indicată este de 2 at. Se precizează că prin înlocuirea aerului, ca izolant, cu elegaz, se poate mări mult tensiunea de lucru a transformatoarelor uscate care, din motive economice, erau limitate la 15 kV.

Izolarea conductoarelor cu hîrtie nu duce la o creştere a rigidităţii dielectrice ; rezultate bune se obţin prin izolarea conductoarelor cu bandă de hîrtie de mica-sticlă. Sînt însă încercări şi măsuri pentru uniformizarea cîmpului, iar efectul Corona nu trebuie evitat total, dar nu este permis un regim de descărcare intensă prin efect Corona. Pentru borne s-a făcut o construcţie specială folosindu-se răşini epoxi.

Se dau relaţiile generale de calcul pentru circulaţie forţată cu gaz în cazul suflării radial-axiale, făcîndu-se o comparaţie între răcirea cu aer şi cu elegaz, la diferite debite şi presiuni ale mediului de răcire. Sînt date şi soluţii constructive pentru dirijarea circulaţiei mediului de răcire. Calculîndu-se puterea consumată de ventilatoare în cazul răcirii forţate cu aer, aceasta este de şase ori mai mare decît în cazul răcirii forţate cu elegaz.

Gh. N.

CZ 621.315.6 *Materiale izolante*

CZ 621.315.611.6

Dieterle, W. **Noi date în folosirea hîrtiilor acetilate în electrotehnică** (Récentes connaissances dans l'emploi de papiers acétylés électrotehnique). În : Bull. ASE **55**, nr. 5, 1964, p. 198—213, 15 ref. bibl.

În ultimii ani, în telecomunicaţii ca şi în tehnica curenţilor tari a început să capete o aplicare tot mai largă hîrtia acetilată, cunoscută sub denumirea comercială isocel. Fabricaţia prevede modificarea fundamentală a moleculei de celuloză (dar menţinînd structura fibroasă), această transformare fiind o acetilare care duce în final la o blocare parţială sau completă a grupurilor hidroxili. Aceste grupuri influenţează în mare măsură comportarea celulozei la umiditate. Acetilarea permite o ameliorare a proprietăţilor electrice, obţinîndu-se o constantă dielectrică şi o tg δ mai mici, chiar în domeniul frecvenţelor şi temperaturilor ridicate.

Noi întrebuinţări a căpătat isocelul în stratificate pentru fabricarea „transformerboardului", în izolaţia transformatoarelor de forţă şi măsură, pentru cabluri de înaltă tensiune rezultatele de exploatare fiind foarte bune. O atenţie specială se acordă tipurilor de hîrtie destinate a lucra la temperaturi înalte ; încercările de laborator efectuate au dovedit performanţe ridicate, ceea ce deschide un nou domeniu de aplicaţii.

Fl. T.

CZ 621.315.617.5

Hillebrand, J. şi Fröndt, D. **Lacuri siliconice utilizate în industria electrotehnică** (Silikonlache in der Elektroindustrie). În : Elektrie **18**, nr. 7, iulie 1964, p. 202—205, 4 tab., 3 grafice.

Lacurile de silicon sînt utilizate într-o măsură tot mai mare la impregnarea bobinajelor obişnuite şi a ţesăturilor din fibre de sticlă. Într-o tabelă sînt redate diferitele categorii de izolanţi (răşini epoxidice, lacuri poliesterice, mică etc. şi drept comparaţie lacurile siliconice) cu temperaturile maxime, la care rezistă. După un scurt capitol privind chimia acestor lacuri şi variatele combinaţii (cu lacuri argonice, cu răşini etc.) sînt descrise însuşirile lor electrice. Astfel, se relevă faptul că tensiunea de străpungere, rezistenţa specifică, factorul de pierderi dielectrice şi constanta relativă dielectrică sînt independente de temperatură şi de umiditatea mediului ambiant. În două tabele sînt redate şi discutate însuşirile electrice pentru diferite lacuri siliconice. Sînt arătate apoi pentru trei lacuri diferite într-un grafic rezistenţa specifică şi factorul de pierdere dielectric în funcţie de temperatură. Se deduce că chiar la temperatura de 200 °C lacurile satisfac condiţiile pentru a putea fi utilizate.

Sînt arătate apoi experienţele efectuate la temperaturi variabile şi de lungă durată (3 000 h). O tabelă reprezintă rezultatele obţinute cu un lac sovietic supus la trei cicluri de variaţii a temperaturii între —60 °C şi +250 °C. Un alt grafic redă proprietatea însuşirilor electrice de a se menţine constante, respectiv superioritatea lor la temperaturi înalte (+225 °C) şi de lungă durată (3 000 h) la un lac siliconic în comparaţie cu un lac pe bază de poliester.

Principala utilizare a lacurilor pe bază de silicon o constituie izolarea bobinajelor la maşinile electrice, înlocuindu-se astfel actualele izolaţii pe bază organică. Acestea din urmă se descompun la +120 °C, pierzîndu-şi calităţile izolatoare. Lacurile de silicon amestecate cu fibră de sticlă, cu azbest sau mică şi presate furnizează plăci izolatoare cu diferite denumiri (glasil, novomikanit etc.), din care se confecţionează apoi tablouri de distribuţie, tablouri cu borne etc. Urmează tehnologia izolării bobinajelor. La sfîrşitul articolului sînt date principalele lacuri de silicon fabricate actualmente în R.D.G., inclusiv caracteristicile lor.

Gh. C.

CZ 621.315.623 :621.315.615

Unsoare pentru izolatoare de porţelan : In : Nauka i Jizni, nr. 10, 1964.

Una dintre problemele de actualitate în domeniul exploatării în aer liber a izolatoarelor de porţelan constă în prevenirea murdăririi lor, deoarece o peliculă continuă de praf constituie în aer umed un material bun conducător de electricitate, astfel încît izolatorul nu rezistă la înaltă tensiune, producîndu-se o străpungere şi, în consecinţă, o pierdere de curent.

Specialiştii din Ungaria au reuşit să rezolve această problemă printr-un procedeu original, şi anume, acoperind izolatoarele cu o unsoare pe bază de siliconi. Deşi în felul acesta particulele de praf aderă şi mai bine de izolator, totuşi pericolul de străpungere se exclude, deoarece unsoarea este hidrofobă. Particulele de praf cu orice compoziţie se învăluiesc cu grosime şi astfel fiecare particulă este izolată de cea vecină. Rezistivitatea izolatorului uns rămîne invariabilă în descursul unei perioade lungi de exploatare.

Industria chimică din Ungaria produce unsori pe bază de siliconi de două tipuri : silonit 1 740 — cu consistenţa mai

mică (mai moale), de care aderă, practic, toate particulele de praf aflate în atmosferă, şi silonit 1 742— mai consistentă, care respinge o parte din particulele aflate în stare de suspensie. Ultimul tip de unsoare se foloseşte în cazurile în care gradul de impurificare a atmosferei este foarte ridicat.

J. T.

CZ 621.316 *Distribuţia energiei electrice*

CZ 621.316.312 :621.316.573

Ammann, G. **Generalităţi asupra protecţiei instalaţiilor interioare cu ajutorul întreruptoarelor de curent de defect.** (Généralités sur la protection des installations intérieures aux moyens de disjoncteurs à courant de défaut). În : Bull. ASE **55**, nr. 1, 1964, p. 31—36.

Pentru evitarea riscului unor accidente datorite unor defecte de izolaţie ce pot fi urmate de incendii a devenit tot mai frecventă folosirea întreruptoarelor de defect.

Principiul de funcţionare se bazează pe acţiunea pe care o are curentul datorit defectului asupra înfăşurării secundare a unui transformator de construcţie specială, care, aplicat la bobina unui contactor, provoacă declanşarea acestuia. Prin anumite soluţii constructive se poate obţine declanşarea chiar cînd tensiunea indusă este foarte mică, adică atunci cînd curentul de defect este minim. Se arată astfel că unele tipuri de aparate declanşează curenţi de defect de ordinul a 500 mA, în timp ce altele lucrează la curenţi ce nu depăşesc 30 mA.

Se analizează pe larg condiţiile pe care trebuie să le satisfacă întreruptoarele de protecţie la curent de defect şi locurile unde este indicat să fie plasate în reţea. Sistemul de protecţie descris a fost experimentat cu succes în reţelele elveţiene.

Fl. T.

CZ 621.316.727

Pinkofsky, W. **Condensatoare pentru îmbunătăţirea factorului de putere** (Statische Leistungskondensatoren Zur Blindstromkompensation). În : Elektrotechnik **46**, nr. 36, dec 1964, p. 39—41, 10 fig., 2 ref. bibl.

În construcţia condensatoarelor de forţă, în ultima vreme, se remarcă progrese foarte mari, care au dus la următoarele rezultate : micşorarea considerabilă a volumelor specifice, reducerea pierderilor dielectrice, scăderea greutăţii specifice şi, în schimb, mărirea puterii reactive pe unitate şi intensificarea răcirii forţate.

În esenţă, pentru micşorarea volumelor specifice ale condensatoarelor de joasă şi medie tensiune de la 1,8 dm^3/kVAr în 1952 la 0,33 dm^3/kVAr în 1964, s-a mers pe următoarea linie : s-a mărit gradientul de potenţial de la 12 kV/mm pînă la circa 20 kV/mm. S-a dat o atenţie deosebită materialelor active, în speţă hîrtia de condensator cu densitate mărită şi în acelaşi timp cu pierderi dielectrice mult scăzute. Materialele de impregnare folosite, de tip sintetic, obţinute prin policlorurarea difenilului, au caracteristici dielectrice ridicate şi, în special, permitivitatea relativă mărită.

S-a pus accentul pe sistemele de răcire forţate cu aer şi cu apă, ajungîndu-se la puteri pe unitate pînă la 200 kVAr, la joasă tensiune.

Micşorarea cheltuielilor de exploatare este legată, în primul rînd, de automatizarea reglajului bateriilor de condensatoare. În acest sens se prezintă cîteva instalaţii cu aparatajul complet de comandă şi de automatizare.

A. B.

CZ 621.316.9 : 621.316.8.018.8

Kärner, A. **Rezistenţe de amortizare fără efect Corona** (Koronafreie Dämpfungs widerstände). În : Bull. ASE **55**, nr. 18, 1964, p. 887—891.

Printre metodele de încercare nedistructivă a dielectricilor folosiţi în tehnica tensiunilor înalte, o mare însemnătate au luat-o încercările pentru determinarea pragului de apariţie a efectului Corona. Metoda constă în măsurarea impulsurilor de înaltă frecvenţă provocate în dielectric de descărcările parţiale, după intensitatea şi forma lor, urmînd să se determine locul descărcărilor şi solicitarea izolaţiei. Pentru efectuarea unor asemenea probe se impune însă ca instalaţiile de încercare să nu fie surse de descărcări Corona sau să nu prezinte un asemenea nivel de perturbaţii încît să denatureze rezultatele măsurării. În acest sens, sursele, conexiunile şi rezistenţele de amortizare se fac cît mai lipsite de pierderi prin efect Corona.

Se prezintă trei tipuri de rezistenţe realizate, indicîndu-se avantajele fiecăreia dintre ele, datele constructive şi de execuţie. Încercările efectuate de autor şi rezultatele experimentale confirmă corectitudinea calculelor făcute.

Fl. T.

CZ 621.317 *Măsurări electrice*

CZ 621.317.727.1.015.33

Zaengl, W. şi Feser, K. **Contribuţie privind calculul caracteristicii de transmisie a divizoarelor la impuls de tensiune** (Ein Beitrag zur Berechnung des Übertragungsverhaltens von Stosspannungsteilern). În : Bull. ASE, **55**, nr. 25, 1964, p. 1249—1256, 12 fig., 11 ref. bibl.

Pentru măsurarea cu precizie a tensiunilor înalte, în ultimii ani s-a dezvoltat o tehnică nouă a divizoarelor de tensiune. Realizate sub forma unor divizoare rezistive, capacitive sau mixte, ele au devenit un utilaj de bază al laboratoarelor de încercări.

Se precizează o serie de probleme legate de aceste construcţii. Astfel, se arată că un divizor de tensiune constituie o reţea complicată de rezistenţe, condensatoare şi inductanţe, aşa încît răspunsul divizorului la un impuls de tensiune aplicat nu mai poate fi interpretat în mod simplu folosind doar schema lui echivalentă. În acest sens se propun metodele şi schemele cele mai indicate de măsurare. Exemplele numerice prezentate au fost calculate cu ajutorul unei maşini analogice de calcul, ceea ce dă o apreciere competentă a transmisiei acestor divizoare, în special în cazul celor rezistive.

Fl. T.

CZ 621.319 *Condensatoare*

CZ 621.319.4

Boyer, P. **Progrese în construcţia condensatoarelor.** (Fortschritte im Kondensatornbau). În : Technische Rundschau **56**, nr. 26, 1964, p. 17—19, 9 fig., 6 tab., 27 ref. bibl.

Folosirea condensatoarelor *C* în tehnica curenţilor tari, ca şi în tehnica curenţilor slabi, a luat o mare amploare care a determinat progrese în construcţia acestor aparate electrice. Autorul se ocupă, în special, de noile tipuri de condensatoare *C* cu sticlă, aer, vid sau gaze sub presiune. Condensatoarele cu sticlă se fabrică pentru tensiuni pînă la 6 kV. Condensatoarele cu aer se consideră a fi depăşite, în primul rînd, datorită volumelor specifice relativ mari şi, în al doilea rînd, din cauza variaţiei capacităţii la umiditate şi la presiunea mediului ambiant. În schimb, s-au făcut progrese în domeniul condensatoarelor cu vid, cu tensiuni de lucru pînă la 30 kV şi capacităţi între 50 şi 1 000 pF.

Condensatoarele cu aer comprimat lucrează cu presiuni pînă la 20 at. Pentru circuitele de înaltă frecvenţă, capacităţile obişnuite sînt între 2 500—16 000 pF, iar ca etaloane domeniul capacităţilor este între 100 şi 10 000 pF. Pierderile dielectrice ale acestor condensatoare sînt foarte reduse, şi anume la cele pentru înaltă frecvenţă tg $\delta < 1 \cdot 10^{-4}$, iar la cele etalon tg $\delta < 1 \cdot 10^{-5}$. În ultima vreme, azotul a fost înlocuit cu alte gaze, şi anume : hexafluorura de sulf, freonul şi altele.

A. B.

CZ 621.319.4

Konotop, V. V. **Condensatoare cu inductivitate redusă** (Maloinduktivnîie kondensatori). În : Elektrotehnika **36**, nr. 1, 1965, p. 23—26, 3 fig., 3 tab., 2 ref. bibl.

Condensatoarele de forţă au întrebuinţare tot mai largă în unele domenii ale ştiinţei şi tehnicii (fizica şi tehnica plasmei, instalaţii pentru prelucrarea metalelor cu impulsuri magnetice, efectul electrohidraulic etc.). Aceste condensatoare intră în categoria condensatoarelor de impuls, cărora însă li se cere o inductivitate foarte redusă.

Se prezintă căile posibile pentru micşorarea inductivităţii condensatoarelor de înaltă tensiune şi, în acest sens, se examinează opt tipuri constructive, avînd o suficient de mică inductivitate. Aceste condensatoare au fost cuprinse în gama de tensiuni de la 20 la 50 kV şi de capacităţi de la 0,2 la 15.

Ca urmare a experimentărilor efectuate se propune folosirea „coeficientului de calitate după inductivitate", care permite compararea obiectivă a diferitelor tipuri de condensatoare de înaltă tensiune după criteriul arătat.

Lucrarea se bazează pe experienţele efectuate la Institutul politehnic din Harkov.

A. B.

CZ 621.32 ***Iluminat electric***

CZ 621.327.43 : 628.971 : 625.711.3

Baillif, J. C. **Aspecte economice ale iluminatului autostrăzilor** (Aspects économiques de l'éclairage des autoroutes). În : Bull. ASE **55**, nr. 8, 1964, p. 364—367.

Aspectele economice ale iluminatului autostrăzilor se studiază, în general, ţinînd seamă de o serie de factori, ca : evaluarea pentru o circulaţie dată a accidentelor pe autostradă, scăderea numărului de accidente la diferite tipuri de iluminat etc. Preţul instalaţiei pentru 1 km de autostradă nu depăşeşte 200 000 franci francezi. Autostrada este luminată de lanterne echipate cu baloane fluorescente cu vapori de mercur de 400 W, dispuse la 12 m înălţime şi depărtate la 35—40 m ; alimentarea lămpilor se face de la 220 V prin transformarea unei tensiuni de 5 kV, aprinderea şi stingerea fiind comandate automat prin celule fotoelectrice.

Se studiază rentabilitatea instalaţiei funcţie de numărul de accidente pe kilometru, ajungîndu-se la concluzia că iluminatul va fi rentabil pentru autostrăzile unde sînt mai mult decît cinci accidente corporale nocturne pe om şi kilometru. Iluminatul autostrăzilor nu este privit numai ca o problemă financiară, ci şi ca una umană, întrucît trebuie să asigure securitatea călătorilor.

În concluzie, cu tot preţul ridicat al investiţiei, iluminatul autostrăzilor este rentabil pentru colectivitate, atît pe autostrăzile de degajare, cît şi pe cele de legătură.

Fl. T.

CRONICĂ

CZ 061.3 : 621.311.1(498) I.R.M.E. „1965"

Cea de-a III-a sesiune tehnico-ştiinţifică I.R.M.E.

În zilele de 7—8 mai a.c. s-a desfăşurat o reuşită sesiune tehnico-ştiinţifică anuală a Intreprinderii pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice, cu o participare largă a electricienilor şi energeticienilor din ţară. Şedinţa de deschidere a avut loc în sala mică a Palatului R.P.R., într-un cadru festiv, şi a fost precedată de prezentarea unei expoziţii deosebit de semnificative a realizărilor concrete ale I.R.M.E. Atît comunicările, cît şi mai ales expoziţia, au dovedit un progres real pe calea însuşirii şi aplicării tehnicii moderne şi a execuţiei exterioare ireproşabile, obiective fixate în documentele de partid.

La şedinţa de deschidere, prezidată de reprezentantul departamentului tutelar din M.M.E.E., delegaţii principalelor instituţii de ştiinţă şi tehnică au adus saluturi şi au exprimat urări pentru reuşita sesiunii. Au vorbit delegaţi din partea Secţiei de ştiinţe tehnice a Academiei R.P.R., Institutului Politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej" din Bucureşti, Consiliului naţional al inginerilor şi tehnicienilor , etc.

Directorul I.R.M.E., tov. ing. *Gh. Bălan*, a prezentat o amplă dare de seamă a progreselor şi realizărilor întreprinderii.

Şedinţele de lucru s-au desfăşurat, pe secţii, în sălile C.N.I.T. din Calea Victoriei nr. 118. Secţiile au fost :

A. Echipamentul electric în centrale, staţii şi reţele ;

B. Automatizări, telemecanică, telecomunicaţii ;

C. Termoenergetică şi hidroenergetică.

Dintre acestea se prezintă, în continuare, numai comunicările primei secţii, care intră în tematica revistei noastre.

1. *Drăghicescu, C.* : „Cercetări privind trecerea reţelelor de 15 kV la tensiunea de 20 kV".

După ce se stabilesc condiţiile trecerii reţelelor de 15 kV din ţara noastră la tensiunea de 20 kV, din punctul de vedere al nivelului de izolaţie, se dau rezultatele încercărilor de laborator asupra aparatajului şi echipamentului din reţelele de 15 kV. Pe baza acestor rezultate se fac recomandări privind modernizarea unor instalaţii vechi şi înlocuirea aparatajului necorespunzător condiţiilor de funcţionare la tensiune mărită.

Un capitol din lucrare cuprinde îndrumări tehnico-operative pentru pregătirea şi efectuarea trecerii propriu-zise a reţelelor de 15 kV la tensiunea de 20 kV.

2. *Tendler, M.* şi *Paltin, M.* : „Unele aspecte ale problemei contaminării izolaţiei în reţelele din Republica Populară Română".

Se descriu cauzele şi consecinţele contaminării izolaţiei instalaţiilor electrice, diversele aspecte ale cercetării izolaţiei contaminate în condiţii artificiale şi naturale. Se prezintă rezultatele obţinute de diverşi cercetători în domeniul stabilirii unei metodologii de încercare a izolaţiei contaminate, cum şi stabilirea unor criterii de clasificare a acesteia. S-au analizat, pe baza datelor obţinute, zonele afectate de contaminare ; a fost precizată sursa depunerilor, natura acestora, cantităţile de substanţe depuse şi au fost date unele indicaţii privind numărul de avarii, etc. De asemenea, se analizează instalaţiile care reclamă măsuri speciale de protecţie împotriva efectului contaminării. Se prezintă rezultatele lucrărilor experimentale efectuate de I.R.M.E. în cursul anului 1964 în staţiile Reşiţa, Fieni şi Borzeşti.

Concluziile şi recomandările se referă la combaterea efectului contaminării izolaţiei în instalaţiile electrice ale sistemului energetic din R.P.R.

3. *Drăghicescu, C.* şi *Popescu, N.* : „Cercetări privind comportarea în exploatare a izolatoarelor de sticlă călită, în reţelele de 110 kV".

Se arată avantajele pe care le prezintă izolatoarele de sticlă călită faţă de cele de porţelan. De asemenea, se dau rezultatele obţinute în exploatarea primului lot experimental de izolatoare de sticlă călită, fabricate în ţară, pe linia de 110 kV Iancu Jianu — Craiova, după un an de la montare.

Din cauza numărului mic de izolatoare puse la dispoziţie experimentarea acestora nu a fost concludentă.

Lucrarea mai cuprinde o serie de propuneri pentru scurtarea timpului necesar pentru introducerea în exploatare a izolatoarelor de sticlă călită de fabricaţie românească.

4. *Săndulescu, L.* : „Comportarea schemelor de protecţie ale staţiilor de transformare 3—15 kV la lovituri de trăsnet apropiate.

În perioadele de descărcări atmosferice din anii 1963—1964, într-o serie de staţii de transformare de 3—15 kV au avut loc avarii produse de lovituri de trăsnet în imediata apropiere a acestora. Avariile s-au extins asupra circuitelor de protecţie şi comandă, soldîndu-se cu pagube însemnate de aparataj şi energie electrică nelivrată. Pentru o analiză detaliată a acestor avarii s-au prezentat căile de pătrundere a supratensiunilor în staţii, determinîndu-se şi valorile supratensiunilor care pot apărea ca urmare a loviturilor directe în paratrăsnete sau în prima deschidere a liniilor aeriene. În consecinţă, s-au stabilit măsuri pentru mărirea gradului de protecţie a schemelor prevăzute de normele actuale, cum şi domeniul lor de aplicabilitate.

5. *László, T.* : „Compensarea curenţilor capacitivi din reţeaua de 10 kV".

6. *Telegdy, Şt.* : „Probleme ale sistemului energetic legate de creşterea curenţilor de scurtcircuit".

7. *Mangu, Gh.* : „Îmbunătăţirea funcţionării întreruptorului IUP—10".

În cursul exploatării întreruptorului IUP—10 s-a constatat că sistemul de contacte se uzează puternic la întreruperea curenţilor de scurtcircuit, ducînd de multe ori la lipirea sau sudarea contactelor, ceea ce face imposibilă efectuarea ciclului RAR.

În urma acestei situaţii U.E.P.C. a realizat un întreruptor IUP—10, cu contacte de W-Cu, care s-a încercat de către I.R.M.E. în staţia de 110 kV din Braşov, la o tensiune de 6 kV şi la o putere de scurtcircuit de 200 MVA. S-a efectuat un ciclu D—3—A—AD şi două cicluri D—0, 4s—AD, după care întreruptorul a rămas în stare de funcţionare. În urma încercărilor s-a constatat că perioada de revizie poate fi dublată faţă de cea pentru vechiul sistem de contacte. Se propune ca sistemul de contacte încercat să fie introdus la întreruptoarele IUP—10 şi 15 din exploatare. Pentru aceasta este nevoie de asigurarea materialului din import (W-Cu) pentru contacte. Se indică lucrările de modernizare a aparatului corespunzător VMG—133 din U.R.S.S.

8. *Mangu, Gh.* : „Mărirea puterii de rupere la întreruptoarele VEL—VRZL—IUP—110".

Întreruptoarele cehoslovace VEL şi VEZL — 110 cu ulei puţin au puterea de rupere nominală de 2 500 MVA. Întreruptoarele româneşti IUP—110 au atins puterea de rupere de 1 300 MVA, iar varianta modernizată, 1 900 MVA. În multe cazuri, puterea de rupere a acestor întreruptoare a fost sau urmează a fi depăşită. Pentru a se evita înlocuirea lor s-a studiat posibilitatea de adaptare la aceste întreruptoare a camerelor de stingere de la cele cehoslovace VMM—110 de 3 500 MVA, care sînt de acelaşi tip constructiv. Rezultă că pentru a realiza puterea de rupere de 3 500 MVA şi la întreruptoarele indicate este necesară înlocuirea ansamblului izolator superior care conţine camera de stingere şi piesele anexă. Restul caracteristicilor electrice şi mecanice rămîne acelaşi.

9. *Mangu, Gh.* : „Încercarea la scurtcircuit a transformatoarelor de putere de 1 000 şi 1 600 kVA—6,3/0,4 kV, fabricate de „ELECTROPUTERE".

În urma unor deteriorări frecvente a transformatoarelor de putere, care n-au rezistat la eforturile electrodinamice de scurtcircuit, Uzinele „Electroputere" — Craiova au realizat două prototipuri de 1 000 şi 1 600 kVA, la care s-au aplicat unele modificări constructive şi tehnologice, avînd în vedere realizarea unei rezistenţe mărite la scurtcircuit. Aceste două prototipuri au fost încercate la scurtcircuit brusc în staţia I Braşov. Încercările au constat din efectuarea a patru încercări de scurtcircuit cu durata de 0,6 şi o încercare cu durata de 3 s pentru fiecare transformator în parte. Aceste încercări au fost suportate satisfăcător de transformatorul de 1 000 kVA, în timp ce transformatorul de 1 600 kVA nu a rezistat la aceste încercări şi s-a deteriorat.

Urmează ca pentru transformatorul de 1 600 kVA să se refacă prototipul cu perfecţionările respective.

10. *Zimand, R.* şi *Feldman, I.* : „Cercetări privind introducerea curentului operativ alternativ la staţii pînă la 35 kV".

Se prezintă schemele de protecţie prin relee, cum şi a aparatajului necesar pentru trecerea la curent operativ alternativ a staţiilor cu tensiune de maximum 35 kV, cu o comutaţie primară obişnuită. Se descriu următoarele aparate :

— Dispozitiv modernizat pentru protecţia în curent operativ alternativ, avînd la bază releul maximal temporizat cu caracteristica de timp limitat dependentă. Releul se alimentează de la transformatorul de curent pe care, în caz de avarie, îl comută la bobina de declanşare a întreruptorului, producînd întreruperea.

— Releu intermediar cu transformator de saturaţie alimentat de la transformatorul de curent, care în caz de avarie alimentează bobina de declanşare a întreruptorului. Acţionarea acestui releu este condiţionată printr-un contact al protecţiei.

— Bloc de alimentare care transformă curentul şi tensiunea într-o tensiune continuă de 110 kV, pentru elementele de protecţie de curent continuu obişnuite.

— Releu intermediar de curent continuu, care comută curentul de avarie din secundar la bobina de declanşare a întreruptorului.

Comunicările au fost urmate de *discuţii* care au fost uneori ample şi de cele mai multe ori critice, semn al ridicării nivelului tehnic al cadrelor tehnice şi de ingineri din toată ţara.

În şedinţa de închidere a sesiunii, tov. acad. Aurel Avramescu a caracterizat comunicările secţiei A ca inegale şi neomogene ca importanţă economică şi valoare tehnică ştiinţifică, şi a recomandat trierea lor în vederea publicării.

Cea mai valoroasă lucrare a fost contribuţia tov. *Drăghicescu C.*, care a reuşit pe baza unei informaţii largi, mai ales asupra reţelelor din Franţa, să atingă toate aspectele principale ale acţiunii de trecere de la tensiunea de 15 kV la tensiunea de 20 kV în reţelele noastre regionale. Discuţii ample a prilejuit şi comunicarea privind contaminarea izolaţiei şi măsurile de protecţie.

Sesiunea a marcat un punct important în activitatea I.R.M.E. în slujba modernizării şi perfecţionării echipamentului din reţeaua noastră naţională.

Acad. *A. Avramescu*

Expoziţia tehnică a realizărilor din I.R.M.E.

Participanţii la cea de-a III-a sesiune tehnico-ştiinţifică a I.R.M.E. au putut viziona o mică, dar interesantă, expoziţie tehnică a celor mai importante produse şi modele noi realizate de I.R.M.E.

Sesiunea şi expoziţia au fost organizate cu tema : „Realizări în domeniul ridicării nivelului tehnic al exploatării instalaţiilor energetice".

Calitatea produselor I.R.M.E., care se reflectă din toată aparatura expusă, a impresionat plăcut pe toţi participanţii a sesiune.

Multe dintre produsele expuse şi realizate de I.R.M.E folosesc elementele logice construite la „Electromagnetica",

În continuare, se vor enumera cîteva dintre exponate. pe grupe mari de produse, realizate sau în curs de pregătire pentru 1965.

A. Aparate de măsură şi control :

— defectoscop de înaltă frecvenţă ;

— cromatograf portativ ;

— cleşte ampermetric de joasă tensiune CAJT ;

— contor pentru înregistrarea descărcărilor atmosferice CDA.

B. Relee de protecţie şi dispozitive de automatizare pentru centrale, staţii şi linii electrice :

— filtru releu de curent invers pentru blocaj pendulaţii FRC—2B ;

— filtru releu de tensiune inversă FRT—2 ;

— filtru releu de curent de componentă simetrică inversă FRC—2 ;

— repartitor automat al puterilor active între grupurile unei centrale RPG :

D. Instalaţii de telemecanică :

— echipament de telemecanică de mică capacitate cu contacte 24—48 Vc.c. (cu cod distributiv) ETM-3 ;

— echipament de telesemnalizare ciclică.

E. Instalaţii de telecomunicaţii :

— echipament de telefonie cu modulaţie de frecvenţă TMF ;

— echipament de canale cu deviaţie de frecvenţă ECDF-1.

Impresionant a fost punctul de dispecer însoţit de un grafic ilustrativ cu performanţele caracteristice ale principalelor instalaţii ciclice pentru transmiterea de mărimi numerice.

Frumos prezentate şi foarte interesante au fost : montajul experimental-morişcă numărător şi modelul de ventilator centrifugal în carcasă cilindrică.

Din această expoziţie, organizată de Intreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice cu ocazia deschiderii celei de-a III-a sesiuni tehnico-ştiinţifice, s-a desprins preocuparea permanentă a acestei întreprinderi de a găsi şi aplica noi soluţii tehnice şi de a le îmbrăca în forme foarte plăcute şi atrăgătoare.

M. C.

Sesiunea tehnico-ştiinţifică la Institutul de proiectare de aparataj electrotehnic şi instalaţii de automatizare

În zilele de 17 şi 18 aprilie 1965 s-au desfăşurat lucrările sesiunii tehnico-ştiinţifice a Institutului de proiectare de aparataj electrotehnic şi instalaţii de automatizare. La sesiune au participat specialişti în domeniul automaticii din cele mai importante ramuri industriale, din învăţământul superior, din diferite ministere şi institute de proiectare.

Tov. director *Gh. Tunsoiu* a deschis sesiunea cu expunerea : „Realizări ale Institutului de proiectare de aparataj electrotehnic şi instalaţii de automatizare (IPA)", după care a urmat expunerea „Linii directoare urmatede IPA la introducerea automatizării în instalaţiile industriale din R.P.R.", prezentată de tov. director tehnic *M. Sîrbu.*

La această sesiune au fost prezentate în total 31 comunicări privind realizări din activitatea Institutului în ultimii doi ani. Aceste comunicări pot fi împărţite în cinci grupe mari corespunzătoare subiectelor pe care le tratează, şi anume :

— aparatură de automatizare şi telemecanică asimilată în fabricaţie curentă în R.P.R., concepută la IPA ;
— automatizări industriale importante realizate după proiecte IPA ;
— automatizări de maşini-unelte ;
— probleme generale din automatică aplicată ;
— modelarea sistemelor de reglare.

Din prima categorie se pot menţiona următoarele lucrări :

Weinrich, G. „Sistem de reglare unificat tranzistorizat pentru procese dinamice rapide (UNIDIN)" ;

Tulunaru, I. „Seria de blocuri de ieşire şi de alimentare din sistemul de comutaţie statică UNILOG-tip A". Ambele sisteme (UNIDIN şi UNILOG) despre care tratează aceste comunicări sînt în fabricaţie de serie la Uzinele „Electromagnetica" ;

Ilie C. „Elemente electromecanice noi proiectate în IPA."

Weissman, E. „Instalaţii de telecomandă şi telesemnalizare pentru centralizare feroviară" ;

Cionlea, I. „Reţea pasivă pentru compensarea variaţiei cu temperatura" ;

Landau, I. „Amplificator operaţional de mare precizie pentru calculatoare analogice".

Din grupa a doua de subiecte amintim cîteva mai interesante pentru noi, şi anume :

Şofan, E. „Acţionări electrice cu turaţie variabilă folosind motoare de curent continuu alimentate prin amplificatoare magnetice" ;

Mihordea, P. „Unele variante de reglare automată a tensiunii convertizorului 50/8 000 Hz, folosite în tehnologia industrială".

Anastasiu, S. „Complex de comandă pe grilă pentru redresoare comandate şi folosirea lui în instalaţii industriale".

Din lucrările sesiunii s-a desprins succesul înregistrat de unele ramuri industriale din ţara noastră pe linia automatizării lor, cum ar fi industria cimentului dotată în cea mai mare parte cu utilaje fabricate în ţară, a maşinilor-unelte a căror automatizare a cunoscut o dezvoltare intensă cu realizări practice importante şi altele.

Lucrările sesiunii au fost urmărite cu viu interes de participanţii care au purtat discuţii utile pe marginea lucrărilor susţinute, ceea ce a constituit pentru Institutul de proiectări de aparataj electrotehnic şi instalaţii de automatizare un ajutor preţios în munca sa în viitor.

F. S.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU ; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Academiei R.P.R. ; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil ; ing. V. BUNEA ; ing. V. CIOFU ; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU ; ing. AL. GRECEANU ; ing. ŞT. GROSU ; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct ; conf. ing. G. LAZARIDE ; ing. A. POPA ; prof. ing. CRISTINA POPESCU ; ing. VL. POPOVICI ; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET ; ing. ST. ŢIGANETEA ; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon : 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual ; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri : lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul : Intreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr 23—25, Bucureşti, c. 1797. Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/727/1965.

41 400

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de documentele de partid şi de stat, îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie, este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să conţină propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei : de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase : de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic—ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, greceşti, germane şi cifrele romane.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum şi figuri sau tabele), atît cele speciale, cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcrieri originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus în paranteză), ediţia, editorul, locul edituriji, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus în paranteză), revista, volumul, numărul, luna şi anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină faţă, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titluri, funcţii, localitatea şi adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

Către cititorii noştri

In scopul mobilizării inginerilor şi tehnicienilor noştri în vederea îndeplinirii cu succes a sarcinilor măreţe trasate de documentele de partid şi de stat, îndeosebi pentru introducerea tehnicii noi, îmbunătăţirea produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii, comitetul de redacţie a luat numeroase măsuri privind îmbunătăţirea continuă a conţinutului şi aspectului grafic al revistei noastre. Unele dintre aceste măsuri necesită explicaţii şi îndrumări pentru a putea fi aplicate în mod raţional. Unele explicaţii se dau mai jos, iar pentru informaţii de detaliu rugăm pe cititorii noştri să se adreseze direct redacţiei noastre.

Revista cuprinde următoarele părţi : partea de fond, partea documentară şi inseratele.

1. Partea de fond conţine : articole, note, discuţii, referate, recenzii, norme şi standarde şi cronici. Are paginile numerotate în continuare pe tot anul, iar la numărul 12 se anexează o tablă de materii sistematică şi o listă alfabetică de autori cu scopul ca partea de fond să se detaşeze, să se lege, formînd colecţia revistei.

1.1. Articole. Articole de fond privind luări de poziţii, comentarii faţă de evenimentele politice, economice şi tehnice de importanţă mare.

Articole tehnico-ştiinţifice sau tehnologice (4—6 de fiecare număr al revistei) cu caracter de originalitate sau sinteză ; se publică în condiţiile comunicate autorilor. Ele sînt precedate de o scurtă introducere redacţională, destinată a situa articolul în tematica revistei şi în problematica actuală a domeniului cu sublinierea importanţei sau a interesului pe care le comportă. Articolele sînt urmate de liste bibliografice, din care în viitor nu vor lipsi trimiteri la articole apărute anterior în revista noastră.

Pentru a uşura găsirea unui articol într-o colecţie de numere, fiecare articol este prevăzut cu un număr de clasificare zecimală care, împreună cu fişele documentare ale sumarelor în limba română şi în patru limbi străine, permite identificarea obiectului articolelor şi pentru cititorii străini care nu cunosc limba română.

In acelaşi timp, sumarele pe fişe (vezi mai jos) şi tabelele de materii anuale pe cinci ani etc. dau posibilitatea găsirii uşor a unui articol în colecţie.

1.2. Notele sînt expuneri mai scurte şi de o importanţă mai redusă decît articolele. Ele pot avea un caracter de originalitate, se clasifică zecimal şi se introduc în sumarele anuale.

1.3. Discuţii asupra unor lucrări sau articole apărute, arătînd poziţia luată în problema respectivă şi răspunsul dat, se admit fără ca redacţia să-şi ia un angajament sau responsabilitatea în ce priveşte părerile exprimate. Discuţiile au scopul să încurajeze lupta de opinii între autori şi cititori.

1.4. Referatele sînt rezumate obiective (necifrice) ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară şi din străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor. Indicaţia bibliografică să fie completă (inclusiv numărul de figuri, tabele şi referinţe bibliografice).

1.5. Recenziile sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de anvergură, cărţi, monografii, disertaţii. Recenzorii se aleg de către redacţie dintre persoanele competente în domeniul respectiv, care semnează prezentarea. Critica trebuie să fie constructivă şi să permită îmbunătăţiri la o nouă ediţie.

1.6. Norme şi standarde constituie o rubrică de prezentare a ultimelor ştiri privind redactarea şi apariţia de norme şi standarde în ţară şi străinătate (norme internaţionale).

1.7. Cronica serveşte la anunţarea sau reamintirea unor evenimente mai importante în domeniul respectiv : congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

2. Partea documentară a revistei este mult amplificată faţă de trecut, avînd în vedere nevoia actuală de a promova şi îmbunătăţi documentarea tehnico-ştiinţifică în masa inginerilor şi tehnicienilor.

2.1. Sumarele sînt redactate în patru limbi, sub formă de fişe bibliografice, decupabile, cu număr de clasificare zecimală şi referinţe bibliografice normale (denumirea şi numărul revistei se repetă pe fiecare fişă). Dispuse pe fanioane (care se detaşează la scoaterea broşelor fiecărui număr), ele sînt destinate a fi decupate şi ordonate în fişiere bibliografice individuale.

2.2. Titlurile unor articole recente din periodicele din ţară şi străinătate, care pot prezenta interes pentru inginerii sau tehnicienii noştri, dar nu pot fi referite mai pe larg (v. 1.4).

3. Inseratele sînt :

3.1. Anunţuri de evenimente şi apeluri către cititori sau autori.

3.2. Reclame şi prezentări de produse speciale ale unor întreprinderi din ţară şi străinătate.

Condiţiile pentru inserarea de anunţuri şi reclame se comunică de către redacţie celor interesaţi.

Redacţia speră ca prin aceste măsuri să fi acţionat în interesul cititorilor şi îşi propune ca obiectiv să facă revista cît mai utilă şi mai interesantă.

MUSZAKI KÖNYVTÁRES

SOMMAIRE

CD 621.317.2.088.6 : 621.317.727.027.89

Hortopan, Gh. : **La classification des dispositifs de tension et des shunts dans les catégories de précision.**

Electrotehnica 13, no. 6, juin 1965, p. 205–210

Les dispositifs de mesurage de haute tension : diviseurs de tension et shunts pour le mesurage des courants ne sont pas encore groupés selon des normes nationales ou internationales, dans des classes de précision.

Dans cet article on spécifie que les critères actuels pour l'appréciation de la qualité des dispositifs mentionnés (le temps requis pour la réponse et la caractéristique de fréquence) ne sont pas satisfaisants. L'auteur propose que la précision d'un dispositif de mesure soit définie à l'aide de deux paramètres :

— le temps requis pour la réponse et le facteur d'excitation, et

— la caractéristique de fréquence et d'atténuation.

Selon ces critères et d'après les expériences effectuées par l'auteur on propose quatre classes de précision. L'article contient aussi des détails concernant l'utilisation de la fonction de transfert lors de la détermination de la durée de la réponse d'un dispositif de mesure.

CD 621.311.30 :621.315.1.013.7

Carabulea, A. : **Aspects concernant la détermination des impédances mutuelles entre les circuits voisins.**

Electrotehnica 13, no. 6, juin 1965, p. 210–217

Dans cet article on présente des expressions inédites pour déduire les impédances mutuelles à forme simple, méthode qui peut s'appliquer facilement et qui donne lieu à des erreurs du même ordre de grandeur que celles des relations Carson-Pollaczek. Les relations présentées se rapportent principalement à des proximités parallèles et obliques entre les lignes électriques monophasées, les lignes à deux conducteurs sol, et les lignes triphasées voisinant avec des circuits monofil et bifil de télécommunication. L'exemple numérique comparatif confirme les hypothèses admises et justifie la nouvelle structure des relations proposées pour le calcul des impédances mutuelles.

CD 621.317.2 :625.282–843.6

Gliga, St. : **Stand d'essais rhéostatiques pour les locomotives Diesel électriques.**

Electrotehnica 13, no. 6, juin 1965, p. 217–223

On présente le stand d'essais pour les locomotives Diesel électriques, réalisé, au moyen d'une résistance métallique en bande et à refroidissement forcé, dans le but d'obtenir un gabarit réduit, une construction robuste et une sûreté à toute épreuve dans le fonctionnement. On discute le schéma de fonctionnement pendant l'exécution des essais ainsi que la protection du stand et de la locomotive soumise aux essais, schéma qui contient les données constructives du stand.

CD 621.318.2.024 : 621.316.53

Dinculescu, P. : **Considérations concernant le choix préliminaire de l'induction dans l'entrefer des aimants électriques de courant continu, destinés aux contacteurs.**

Electrotehnica 13, no. 6, juin 1965, p. 223–226

Pour le régime permanent et intermittent de fonctionnement des aimants électriques on établit les courbes de variation de l'induction dans l'entrefer, par rapport au paramètre caractéristique de l'aimant électrique, de telle manière que pour des valeurs données de la force initiale F_0 et de l'entrefer δ_0, la valeur de l'induction puisse être facilement choisie parmi les valeurs qui correspondent au paramètre caractéristique respectif.

CD 621.791.735 :621.315.616.9

Popa, I. : **Machine à souder les matériaux plastiques.**

Electrotehnica 13, no. 6, juin 1965, p. 227–228

COMPTES RENDUS 228–232

EXTRAITS 232–237

CHRONIQUE 237–239

CONTENTS

DC 621.317.3.088.6 :621.317.727.027.089

Hortopan, Gh. : **The grouping of voltage devices and shunts into precision classes.**

Electrotehnica 13, nr. 6, june 1965, p. 205–210

The high-tension measuring devices such as voltage dividers and shunts for current measurements are not grouped as yet into precision classes according to national or international standards. It is considered that the present quality estimation criteria for the mentioned devices (answer speed and frequency characteristic) are not satisfactory. The author therefore suggests that the precision of measuring devices be estimated in the light of two parameters, namely (a) the answer speed and excitation factor, and (2) the frequency and attenuation characteristic. On the basis of these criteria and of experiments caried out by the author four precision classes are set forth. Some information is also given concerning the utilization of the transfer function for determining the answer speed of a measuring device.

DC 621.3.011.3 : 621.315.1.013.7

Carabulea, A. : **Some aspects concerning the determination of mutual impedances between contiguous circuits.**

Electrotehnica 13, nr. 6, june 1965, p. 210–217

Some original expressions for the deduction of mutual impedances are suggested. They are simple, easily applicable and with errors of the same magnitude order as in the Carson-Pollaczek relation. The relations presented mainly concern the parallel and oblique proximities between single-phase electric lines, two wire-earth lines and three phase lines contiguous with monofilar and bifilar telecommunication circuits. The comparative numerical example confirms the admitted hypotheses and substantiates the new structure of the relations suggested for the calculus of mutual impedances.

DC 621.317.2 :625.282–843.6

Gliga, St. : **Rheostatic test stand for electric Diesel locomotives.**

Electrotehnica 13, nr. 6, june 1965, p. 217–223

A rheostatic test stand for electric Diesel locomotives designed with band metallic resistance and forced cooling in order to obtain a reduced overall size, a sturdy construction and operation safety is described. Other problems discussed include the functional test scheme, the protection of stands and locomotives subjected to the tests and the constructive data of the stand.

DC 621.318.323.2.024 : 621.315.53

Dinculescu, P. : **Concerning the preliminary choice of induction in the air gap of continuous current electromagnets for contactors.**

Electrotehnica 13, nr. 6, june 1965, p. 223–226

In connection with the permanent and intermittent working regime of the electromagnets the author establishes the variation curves of induction in the air gap as a function of the characteristic parameter of the electromagnet, so that for some given values of the initial force F_0 and of the initial air gap δ_0 the value of induction may be easily chosen from a value range corresponding to the respective characteristic parameter.

DC. 621.791.735 :621.315.616.9

Popa, I. : **A machine for plastics welding.**

Electrotehnica 13, nr. 6, june 1965, p. 227–228

REVIEWS 228–232

ABSTRACTS 232–237

CHRONICLE 237–239

CZ 621.313

MAŞINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ŞI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313.2.047.2 : 621.382.233

Pietrasanta, M.: **Tiristoarele pot înlocui colectorul în motoarele de curent continuu.** În : Automaz. e Strum. **12**, nr. 4, apr 1964, p. 151.

CZ 621.313.292

Rateliff, G. şi *Clifton, B. J.* : **Motor de curent continuu fără perii.** În : J. Sci. Instrum. **41**, nr. 5, mai 1964, p. 268, 2 fig.

CZ 621.314

TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.5 : 621.382.233

Skorovarov, V. E. : **Invertoare de tensiune autonome, echipate cu tiristoare.** n : Elektricestvo, nr. 5, mai 1964, p. 51—55, 5 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.314.643

*** **Redresor de curent alternativ cu tranzistor.** În : Fördern und Heben **14**, nr. 4, apr 1964, p. 345, 1 fig.

CZ 621.314.63 : 621.382.233 : 621.311.6

*** **Utilizări avantajoase ale tiristoarelor în alimentatoarele de putere în curent continuu.** În : Automaz. e Strum. **12**, nr. 4, apr 1964, p. 164.

CZ 621.315

TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE. LINII AERIENE. CABLURI SUBTERANE. CONDUCTOARE. MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.2

*** **Avantajele „secţiunii economice" a cablurilor.** În : J. Equip. Electr. Electron., nr. 234, apr 1964, p. 83 — 85, 2 fig., 1 tab.

CZ 621.315.1.027.8

Liskov, I.I. ş.a. : **Transportul energiei electrice la mare distanţă, cu tensiune de 750 kV.** În : Elektr. stanţii **35**, nr. 5, mai 1964, p. 60—67, 2 fig., 3 tab., 6 ref. bibl.

CZ 621.315.211.3.027.3

Lanfraconi, G. şi *Morello, A.* : **Cabluri de înaltă tensiune în tuburi de oţel umplute cu ulei sub presiune înaltă.** În : Elettrotechn. **51**, nr. 3 bis, martie 1964, p. 184—191, 6 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.315. 610.19.3 : 537.226 : 621.398

*** **Un nou element dielectric neliniar cu autostabilizare termică—tandelul.** În : Electron. Ind., nr. 73, mai 1964, p. 165—166, 4 fig.

CZ 621.315.6 5.2.001.4

Kaplan, D.A. şi *Kucinski, G.S.* : **Influenţa umidităţii asupra rezistenţei electrice a uleiului de transformator.** În : Elektrotehnika **35**, nr. 5, mai 1964, p. 30—33, 5 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.315.62.015.52

Hampton, B.F. : **Mecanismul conturnării izolatoarelor acoperite cu impurităţi.** În : Proc. I.E.E.E. **111**, nr. 5, mai 1964, p. 985—990, 6 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.315.62 : 666.295

Clark, C.H.W. : **Glazură semiconductoare pe izolatoarele de înaltă tensiune.** În : Electr. Rev. **174**, nr. 20, 15 mai 1964, p. 740—744, 6 fig., 10 ref bibl.

CZ 621.315.624.8

Ely, C.H.A. şi *Lambeth, P.J.* : **Incercarea la depuneri de impurităţi a izolatoarelor de înaltă tensiune.** În : Electron & Power, nr. 10, apr 1964, p. 114—115, 2 fig., 1 tab.

CZ 621.316

DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTRICE. ROLE DE DISTRIBUŢIE. DESCHIDEREA ŞI ÎNCHIDEREA CIRCUITELOR. REDAREA MĂRIMILOR ELECTRICE. PROTECŢIA APARATELOR

CZ 621.316.718.5 : 621.313.32

Horn, W. şi *Witter, H.* : **Protecţia împotriva funcţionării cu regim asincron.** În : A.E.G. Mitt. **54**, nr. 3—4, 1964, p. 234—238, 6 fig.

CZ 621.316.824.002

Berghammer, A. : **Elaborarea noii tehnologii de fabricare a potenţiometrelor cu peliculă de lac.** În : Hiradastechnika **15**, nr. 4, apr 1964, p. 115—121, 4 fig., 4 tab.

CZ 621.316.825

Kirsa, V.I. : **O metodă de selecţionare a unor termorezistenţe semiconductoare identice, dintr-un lot dat.** În : Priborostroenie, nr. 5, mai 1964, p. 24—25, 5 fig.

CZ 621.316.9

*** **Tipuri noi de fuzibile pentru siguranţele de înaltă tensiune.** În : Energohozeaistvo zo rubejom, nr. 3, mai-iunie 1964, p. 45—46, 2 fig., 1 tab., 1 ref. bibl.

CZ 621.316.91.027.3

Saks, E. : **Protecţia prin fuzibile cu mare capacitate de rupere a circuitelor de forţă de înaltă tensiune.** În : Electron & Power, nr. 10, apr 1964, p. 116—119, 4 fig., 1 tab.

CZ 621.316.932 : 621.311.6 : 621.382.3

Claassen, V. : **Siguranţă automată pentru alimentatoarele de curent ale aparatelor cu tranzistoare.** În : Elektron, nr. 7/8, 1964, p. 124, 2 fig.

CZ 621.318

APLICAŢII INDUSTRIALE ALE MAGNETISMULUI ŞI MAGNEŢILOR. ELECTROMAGNEŢI. RELEE

CZ 621.318.5

Holcombe, W. : **Relee care concurează semiconductorii.** În : Electronics **37**, nr. 12, martie 1964, p. 56—60, 17 fig., 3 tab.

CZ 621.318.57 : 621.385.032.212

Joung, J.F. : **Comparaţie între tuburile cu catod rece şi tranzistoare în circuitele de comutaţie din instalaţiile industriale.** În : Brit Commun. Electron. **11**, nr. 7., iul 1964, p. 484—486, 2 fig., 17 ref. bibl.

CZ 621.319 **CONDENSATOARE**

CZ 621.319.4.015.5

Kammermaier, J. : **Cercetări asupra procesului de descompunere la străpungerea condensatoarelor cu dielectricei metalizaţi.** În : Frequenz. **18**, nr. 5, mai 1964, p. 145—150, 12 fig., 4 tab., 8 ref. bibl.

CZ 621.319.46

Gurr, W. şi *König, I.* : **Un nou condensator cu gaz comprimat pentru tensiuni înalte.** În : Elektrie **18**, nr. 5, mai 1964, p. 130—133, 6 fig., 4 ref. bibl.

Tiristoare alimentează motoarele laminoarelor

În Republica Federală Germană este în curs de construcție primul laminor acționat de motoare alimentate prin tiristoare.

Echipamentul electric pentru acest laminor reversibil la rece este livrat de AEG, prima întreprindere electrotehnică germană, care folosește tiristoare pentru alimentarea acționării principale a unui laminor.

Este vorba de următoarele acționări:
o acționare a cilindrilor laminorului 1000 kW — suportînd șocuri de suprasarcină de 100%,
două acționări pentru vîrtelnițe reversibile de cîte
550 kW — suportînd șocuri de suprasarcină de 100%,
și diverse acționări între 30 și 75 kW.

Celulele reglabile de siliciu înlocuiesc redresoarele cu vapori de mercur folosite pînă în prezent în astfel de instalații.

Instalația va fi echipată cu dispozitive speciale pentru reglajul grosimii benzii și pentru oprirea mașinii în mod automat.

Inginerii de la AEG vă stau la dispoziție în rezolvarea de orice fel de probleme în domeniul electrotehnicii. Vă rugăm să ne scrieți dacă doriți să folosiți experiența noastră.

AEG

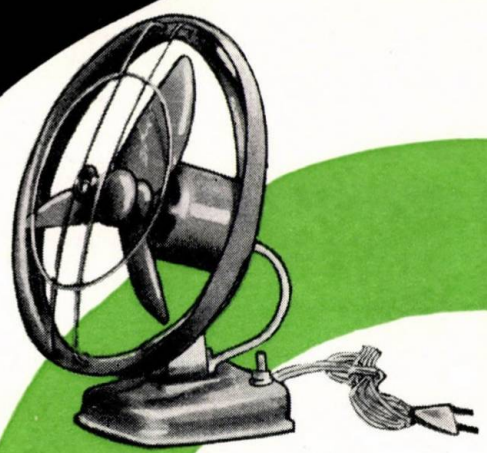
ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

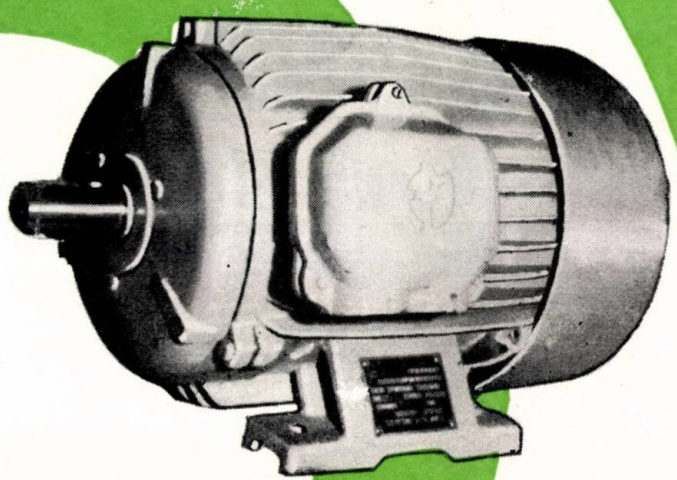
EXPORT-ABTEILUNG
Frankfurt (Main), Süd 10 BRD

Instalație de tiristoare în sertare cu plăci cu circuite imprimate pentru alimentarea motoarelor unei instalații de maleabilizare prin trecere.

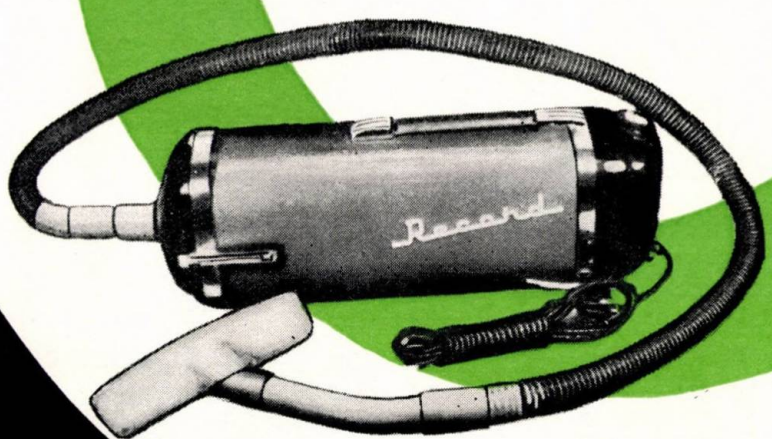
ELECTROMOTOR

- ventilatoare de masă cu cadru sau suport
- relee regulatoare pentru tractoare și autovehicule
- generatoare de curent continuu pentru tractoare și autovehicule
  motoare și reostate pentru mașini de cusut electrice
- motoare pentru antrenarea spălătorului și centrifugei mașinilor de spălat rufe „ALBA—LUX"





- motoare electrice asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit, protecție IP 44, de 4 — 30 kW, și cu rotorul cu inele de contact, de 5,5 — 22 kW
- aspiratoare de praf tip „Record"



For advertisments in rumanian periodicals apply to

PUBLICOM

Modern, efficient advertising on the Rumanian market in full progress of economic development

RUMANIAN PUBLICITY AGENCY
BUCHAREST, RUMANIA — B-DUL N. BĂLCESCU No. 22
TEL.: 14.75.35

PUBLICOM

PUBLICOM

Faites votre publicité dans la presse roumaine de spécialité en vous adressant à

PUBLICOM

Réclame moderne, frappante, efficace, s'adressant au marché roumain en pleine évolution économique

AGENCE ROUMAINE DE PUBLICITÉ
BUCAREST, ROUMANIE — B-DUL N. BĂLCESCU No. 22
TEL. 14.75.35

Werben Sie in der rumänischen Fachpresse durch

PUBLICOM

Moderne und wirksame Reklame auf dem aufstrebenden rumänischen Markt

RUMÄNISCHE WERBEAGENTUR
BUKAREST, RUMÄNIEN — B-DUL N. BĂLCESCU No. 22
FERNRUF: 14.75.35

NÁRODNÍ TECHNICKÁ KNIHOVNA PRAHA

SNO

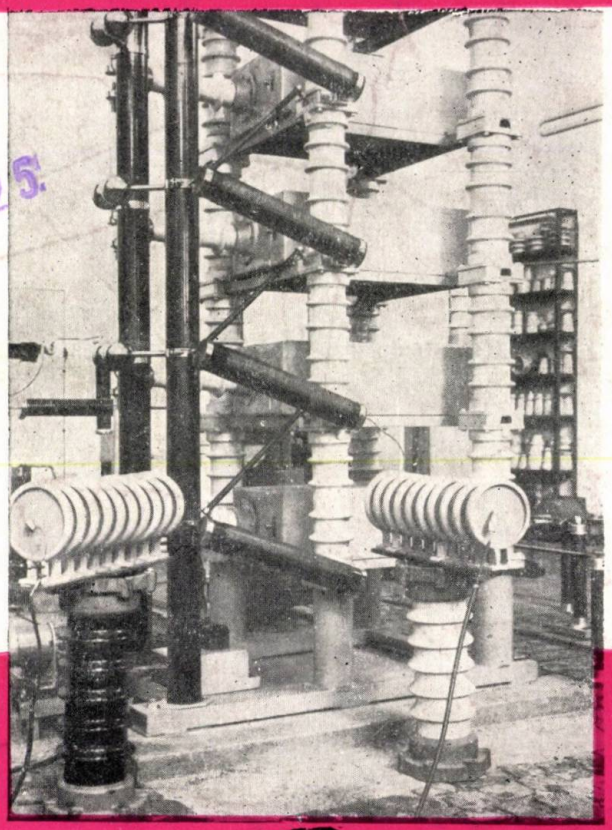
Șantierul Naval Oltenița

construiește:

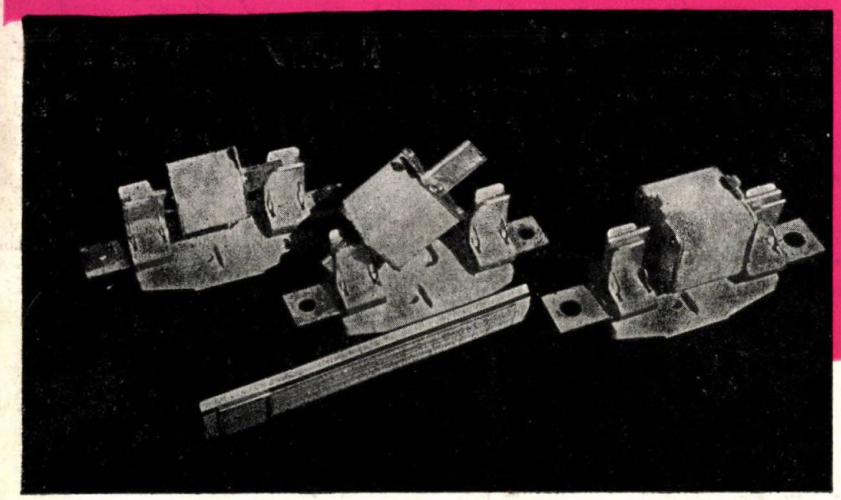
PASAGERE FLUVIALE
REMORCHERE 150-2200 C.P.
DRĂGI MARITIME
MOTONAVE 2000 t
ȘLEPURI 1000 t

M.I.C.M. - I.C.P.E.

1965 NOV 25.



INSTITUTUL DE CERCETARE ŞI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ



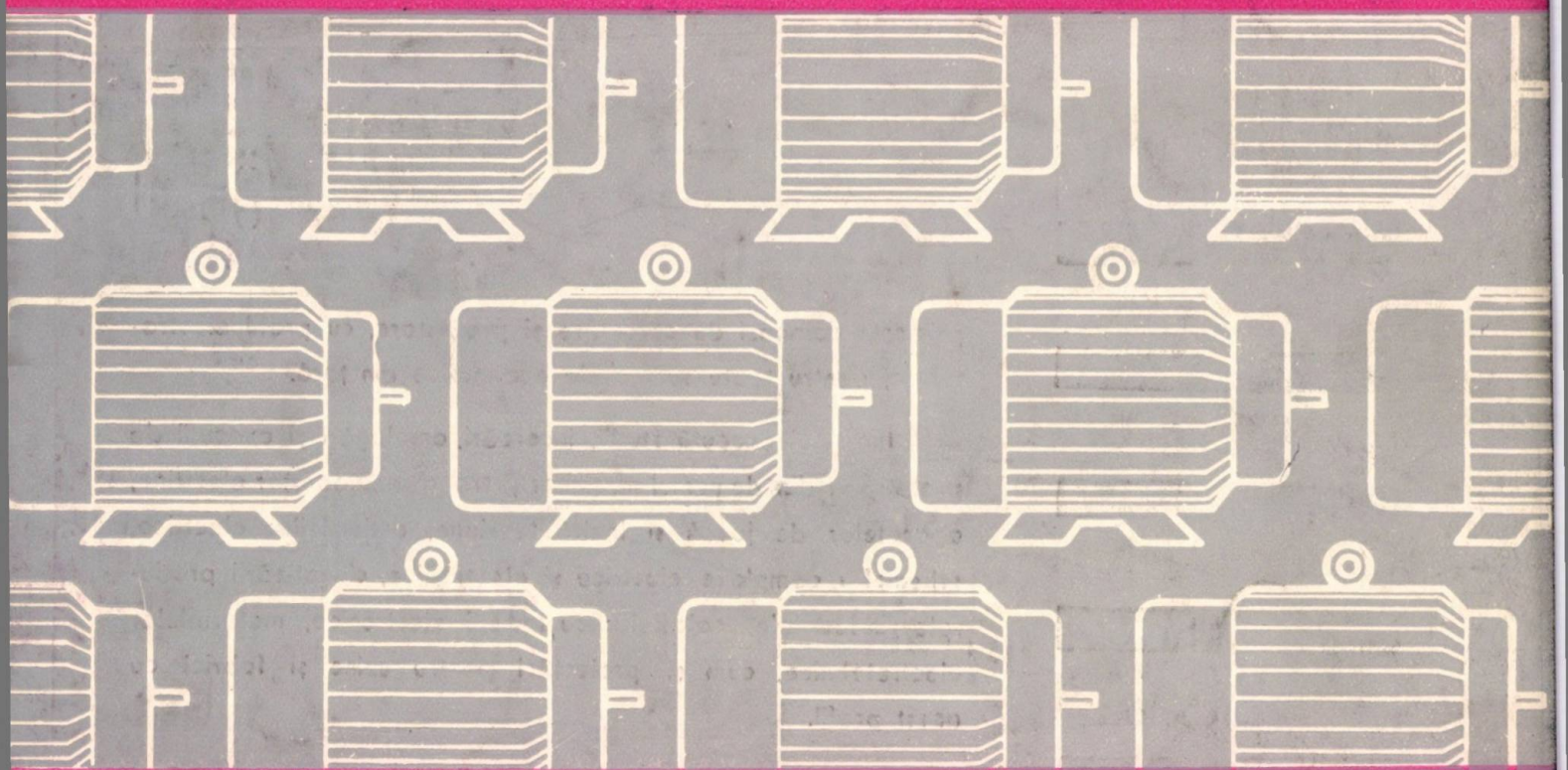
DIN BUCUREŞTI, BD. T. VLADIMIRESCU 45, TELEFON 16.41.40, 16.41.48

primeşte comenzi de cercetare şi proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din ţară.

Institutul execută studii, încercări, omologări şi execuţii de prototipuri din domeniul maşinilor şi transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă şi înaltă tensiune, acţionărilor electrice, schemelor complexe electrice şi electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu maşini electronice, materialelor electrotehnice, cum şi proiectări pentru uzine şi fabrici cu acest profil.

E 2040

ELECTROTEHNICA



ELECTROTEHNICA ● BUCUREȘTI ● ANUL 13 ● NR. 7 ● PAGINA 241 — 276 ● IULIE 1965

7

MICM
ICPE

INSTITUTUL DE CERCETARE ŞI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

din Bucureşti. Bd. T. Vladimirescu 45, telefon 16.41.40—16.41.48

Научно-исследовательский и Проектировочный институт по вопросам электропромышленности

Electrical Engineering and Research Institute

Forschungs-und Projektierungsinstitut für die Elektroindustrie

Institut de Recherches et Projets pour l'industrie Électrotechnique

primeşte comenzi de cercetare şi proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din ţară.

Institutul execută studii, încercări, omologări şi execuţii de prototipuri din domeniul maşinilor şi transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă şi înaltă tensiune, acţionărilor electrice, schemelor complexe electrice şi electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu maşini electronice, materialelor electrotehnice, cum şi proiectări pentru uzine şi fabrici cu acest profil.

E 2040

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR BUDAPEST

ELECTROTEHNICA

Anul 13 nr. 7 iulie 1965

CUPRINS

Editorial

Electrotehnica 13, nr. 7, iulie 1965, p. 241–242

CZ 621.313.2.013.4

Petrescu, Gh. : **O nouă metodă de investigaţie privind căderile de tensiune în maşinile electrice cu colector.**

Electrotehnica 13, nr. 7, iulie 1965, p. 243–247

Avînd ca premisă constatarea că în maşinile de curent continuu cu colector, atît tensiunea electromotoare indusă într-o spiră, cît şi curentul care străbate o spiră sînt alternative, articolul urmăreşte să stabilească dacă acest curent alternativ produce sau nu o cădere de tensiune inductivă în bobinajul indusului chiar atunci cînd acesta ar fi prevăzut în mod intenţionat cu un şunt magnetic. Aplicînd asupra spirelor indusului teoria generală a curenţilor alternativi se demonstrează că la periile maşinii nu intervine decît o cădere de tensiune ohmică, concluzie care este confirmată prin analiza fenomenelor fizice de alternare a curentului determinate de colector.

CZ 621.313.29.045.15.001.24

Lăzăroiu, D. F. : **Unele consideraţii referitoare la proiectarea maşinilor electrice cu înfăşurările realizate pe baza circuitelor imprimate.**

Electrotehnica 13, nr. 7, iulie 1965, p. 247–252

După ce circuitele imprimate au transformat aparatajul electronic ,ele intervin cu succes ca bobinaj în unele maşini electrice rotative. În această lucrare se arată comportarea termică a bobinajelor imprimate şi se prezintă elemente utile proiectării acestui tip de maşini.

CZ 621.313.333.2–573 : 665.5

Berechet, M. : **Metodă nouă de pornire a electromotoarelor asincrone de joasă tensiune cu rotorul în scurtcircuit şi aplicarea acesteia pe şantierele de petrol şi gaze.**

Electrotehnica 13, nr. 7, iulie 1965, p. 252–258

Se prezintă o nouă metodă de pornire a electromotoarelor asincrone de joasă tensiune cu rotorul în scurtcircuit. Noua metodă cu tranziţie în circuit închis asigură un important cuplu de pornire, introduce automatizarea comenzilor şi elimină utilizarea autotransformatorului de pornire folosind un număr minim de contactoare.

CZ 621.315.61 :389.6

Popescu, Ch. şi Lefter, C. : **Activitatea de standardizare pe plan internaţional în domeniul materialelor electroizolante.**

Electrotehnica 13, nr. 7, iulie 1965, p. 258–264

Se arată stadiul lucrărilor şi al recomandărilor elaborate de comisia electrotehnică internaţională în domeniul materialelor electroizolante, prin Comitetul 15, care cuprinde numeroase grupuri de lucru. Materialele izolante prezintă un interes deosebit pentru constructorii de maşini, aparate şi instalaţii electrice, îmbunătăţirea calităţii acestor materiale constituind una din căile de progres în domeniile menţionate. În legătură cu acest interes, autorii propun publicarea de informări periodice privind lucrările C.E.I. în domeniul materialelor electrotehnice. Lucrarea prezentată face parte din seria acestor informări, mai ales că la următoarea sesiune anuală de la Tokio (1965) urmează a se reorganiza modul de lucru al Comitetului 15, insistîndu-se asupra încercărilor de scurtă durată, asupra stabilităţii termice şi asupra specificaţiilor şi metodelor de încercare.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

CZ 621.318.381.001.13 : 621.327.43

Vasiliu, Al. : **Contribuţii la proiectarea şi construirea de balasturi pentru lămpi fluorescente cu considerente de optim economic.**

Electrotehnica 13, nr 7, iulie 1965, p. 264–267

RECENZII 268–270
REFERATE 270–273
CRONICA 274–275
SCURTE ŞTIRI 276

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.3

ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621.3.042.14

Turowski, J. **Alegerea grosimii optime a tablei electrotehnice din punctul de vedere al proprietăților miezurilor magnetice.** In : Przel. Electrotechn. **40,** nr. 8, aug 1964, p. 361—366, 8 fig., 6 ref. bibl.

CZ 621.313

Mașini electrice de curent continuu și alternativ. Generatoare. Motoare

CZ 621.313.3.001.13

Langen, A.M. **Particularitățile calculului regimului sincron al motorului reactiv.** In : Elektricestvo **85,** nr. 9, sep. 1964, p. 60—65, 8 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.314

Transformarea energiei electrice. Transformatoare. Convertizoare. Redresoare

CZ 621.314.63 : 621.357.1

Lstiburek, F. **Tipuri de redresoare pentru electroliză industrială.** In : Elektrotechn. Obz. **53,** nr. 9, sep 1964, p. 492—496, 7 fig.

CZ 621.315

Transmisia energiei electrice. Linii aeriene. Cabluri subterane. Conductoare. Materiale izolante

CZ 621.315. 614.1 : 621.319.4

Renne, T.V. și *Soia, F.G.* **Cercetarea rezistenței la încălzire a hîrtiei de condensatoare.** In : Elektricestvo **4,** nr. 12, dec 1964, p. 76—80, 6 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.315.62 : 620.17

Cerveny, Z. și *Hirsl, J.* **Încercarea izolatoarelor prin încărcarea mecanică combinată.** In : Energetika **14,** nr. 9, sep 1964, p. 427—429, 7 fig., 8 ref. bibl.

CZ 621.316

Distribuția energiei electrice. Rețele de distribuție. Deschiderea și închiderea circuitelor. Reglarea mărimilor electrice. Protecția aparatelor

CZ 621.316.542.027.7/8.001.4

Frischmann, W. **Probleme în legătură cu încercările la sarcină limită a întreruptoarelor de foarte înaltă tensiune.** In : Elektrie **18,** nr. 9, sep 1964, p. 284—290, 9 fig., 3 tab., 12 ref. bibl.

CZ 621.317

Tehnica măsurilor electrice. Aparate de măsură

CZ 621.317.757 : 621.391.82.08

Gasse, H. J. **Construcția și utilizarea unui spectrometru automat de zgomot.** In : Hochfrequenztechnik. u. Elektroakustik, nr, **2,** iul 1964, p. 54—58, 12 fig., 10 ref. bibl.

CZ 621.319

Condensatoare

CZ 621.319.1

Reiner, H. **Tehnica memoriei cu ferite.** In : Elektrotech. Z. (ETZ-A) **86,** nr. 2, 22 ian 1965, p. 33—39, 16 fig.

CZ 621.319.4

Soyck, W. **Proprietățile și folosirea condensatoarelor ceramice.** In : Keram. Z. **16,** nr. 9, sep 1964, p. 574—592, 6 fig., 1 tab.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 13 nr. 7 București, iulie 1965

Dezvoltarea sectorului electrotehnic şi electroenergetic în lumina Directivelor Congresului al IX-lea al P.C.R.

NICOLAE GHIȚĂ

Adjunct al ministrului industriei construcțiilor de mașini

Directivele Congresului al IX-lea al Partidului Comunist Român cu privire la dezvoltarea economiei naționale în perioada 1966–1970 și cu privire la valorificarea surselor energetice și electrificarea țării în perioada 1966–1975 deschid perspectiva luminoasă – stabilită pe criterii științifice și bazată pe temelia puternică a realizărilor obținute în anii șesenalului (1960–1965) – a unei noi etape importante în dezvoltarea multilaterală și armonioasă a patriei noastre.

Atît din sarcinile de bază ale planului economic pe viitorii cinci ani, care prevăd ca deosebit de importantă „continuarea neabătută a industrializării socialiste a țării și, în cadrul acesteia, dezvoltarea cu prioritate a producției mijloacelor de producție, concomitent cu creșterea și perfecționarea continuă a producției bunurilor de consum", **cît și din sarcinile principale ale planului de dezvoltare în următorii zece ani a bazei energetice a economiei și a electrificării, care prevăd** „dezvoltarea în continuare a industriei constructoare de mașini și a industriei electrotehnice pentru satisfacerea într-o mai mare măsură și la un înalt nivel tehnic a necesităților de utilaje și agregate pentru producerea și utilizarea energiei", **reiese contribuția însemnată pe care sectorul industriei electrotehnice trebuie să o aducă în continuare în opera de industrializare și electrificare a țării.**

Chezășia realizării importantelor sarcini ce revin sectorului electrotehnic în perioada 1966–1970 o constituie realizarea cu aproape trei ani înainte de termenul stabilit a volumului de producție prevăzut prin Directivele Congresului al VIII-lea al P.C.R., însemnatele depășiri realizate pînă la finele planului de șase ani, cum și prevederile de dezvoltare în viitor a capacităților de producție, corelate cu sarcinile privind creșterea volumului producției.

În anul 1960–1965 în industria electrotehnică se obține o creștere a producției globale de 4,2 ori mai mare față de 2,5 ori cît era prevăzută, realizîndu-se un ritm mediu anual de creștere de 27%, față de 16,3% cît a fost stabilit.

În anul 1965 se realizează o producție de 110 locomotive Diesel electrice de 2 100 CP, față de 95 bucăți prevăzute, 45 dintre acestea (30 deja livrate) fiind destinate exportului. Producția de motoare electrice atinge 1 135 MW, respectiv o creștere de 2,44 ori mai mare față de 1959, producția de transformatoare de forță 4 200 MVA, respectiv o creștere de 3,4 ori, producția de cabluri de forță crește de 3,6 ori, cea de acumulatoare de 1,6 ori, aparatajul de înaltă tensiune de circa 2 ori, aparatajul de joasă tensiune de circa 3 ori, numărul aparatelor de radio de 1,9 ori.

La nivelul anului 1965, producția sectorului industriei electrotehnice reprezintă circa 20% din ansamblul producției Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini. Totuși, așa cum se arată în raportul tovarășului Nicolae Ceaușescu prezentat la cel de-al IX-lea Congres al P.C.R., există o rămînere în urmă a producției sectorului electrotehnic față de nevoile mereu crescînde ale economiei.

Corelat cu ritmul de creștere a puterii electrice instalate și a producției de energie electrică – aceasta fiind de circa 2 ori mai mare în 1970 față de 1965 precum și pentru a elimina rămînerea în urmă față de satisfacerea necesarului – ritmul mediu anual de creștere a producției industriei electrotehnice se prevede în proiectul de Directive să fie de peste 16%, deci mai mare decît ritmul mediu

de peste 12% prevăzut pentru industria constructoare de mașini. Ținînd seamă de aceste creșteri, producția industriei electrotehnice va reprezenta în 1970 circa 25% din producția Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini.

Sporirii cantitative a producției în vederea satisfacerii necesităților atît ale producerii, cît și ale transportului, distribuției și consumului energiei electrice în mașini utilaje și agregate complex acționate și automatizate, i se adaugă importante prevederi privind completarea sortimentului cu o serie de noi produse, de nivel tehnic ridicat, cum și dotarea întreprinderilor electrotehnice cu utilaje și aparatură dintre cele mai moderne, menite să asigure crearea condițiilor pentru modernizarea întregii producții, asigurînd desfășurarea fabricației la nivelul de productivitate și calitate al industriilor cu tradiție și renume pe plan mondial.

Dacă pe ansamblul economiei, investițiile din fondurile centralizate ale statului vor fi cu circa 50% mai mari decît în perioada anterioară, industriei electrotehnice i se alocă, prin prevederile planului pe perioada 1966–1970, un volum de investiții de peste 2 ori mai mare.

În această perioadă se va asimila în fabricație locomotiva electrică de 6580 CP, urmînd ca la nivelul anului 1970 să se producă 40 de bucăți; producția de motoare electrice va crește de 1,8–2,1 ori, iar cea de transformatoare de circa 1,5 ori; producția de aparataj electric de înaltă tensiune va crește de circa 4 ori, cea de aparataj de joasă tensiune de circa 2,9 ori, producția de cabluri de forță de circa 2 ori, cea de cablu telefonic de circa 9 ori, cea de acumulatoare de 2,5 ori și cea de izolatoare ceramice de 3 ori; numărul de aparate de radio produse în 1970 va fi de 1,4 ori mai mare, iar cel al televizoarelor de 2–2,5 ori mai mare; pentru introducerea unui sistem modern de telefonie automată, urbană și interurbană, se va asimila un nou tip de echipament telefonic.

Valoarea producției globale a industriei electrotehnice va fi în 1970 de peste 2,2 ori mai mare decît în 1965.

Pentru aceasta, la Uzinele „Electroputere" din Craiova se va construi o fabrică nouă pentru aparataj de înaltă tensiune, se va dezvolta și moderniza fabrica de aparataj de joasă tensiune „Electroaparataj" din București, se vor dezvolta fabricile de cabluri, materiale electroizolante, acumulatoare, izolatoare ceramice, unde se vor construi noi secții moderne, multe dintre ele depășind ca amploare pe cele existente.

Pentru producția de elemente de automatizare se va construi o fabrică nouă; de asemenea, se va construi o fabrică de motoare electrice, simultan cu dezvoltarea capacităților existente de producție de motoare electrice și echipament electric auto.

În anii viitori se va extinde baza materială a Institutului de cercetări și proiectări electrotehnice, ținînd seamă de prevederile cu privire la promovarea tehnicii avansate și la dezvoltarea cercetărilor științifice. Lucrătorii institutului vor trebui să-și aducă din plin contribuția la însușirea de noi materiale și produse electrotehnice, cu caracteristici tehnice superioare, și, de asemenea, să asigure proiectele de dezvoltare a uzinelor la un nivel tehnologic corespunzător gradului de complexitate și tehnicității ridicate a produselor.

Institutului de proiectări de automatizări din cadrul Grupului de uzine de automatizări îi revine sarcina de a intensifica introducerea automatizării proceselor continue de producție în industrie, de a introduce automatizarea mai complexă a mașinilor, utilajelor, instalațiilor complete livrate de industria constructoare de mașini.

Activitatea de producție, din punct de vedere organizatoric și economic-financiar, va trebui să se desfășoare în condițiile unei creșteri importante a productivității muncii și scăderii prețului de cost, paralel cu creșterea continuă a calității și nivelului tehnic și tehnologicității produselor puse în fabricație, să fie urmărite cu perseverență creșterea eficienței economice a producției și asigurarea competivității produselor noastre pe piața externă.

Profund recunoscători conducerii înțelepte a partidului pentru condițiile de lucru create, pentru viitorul luminos al înfloririi patriei și al bunăstării poporului, muncitorii, inginerii, tehnicienii și toți ceilalți salariați din sectorul industriei electrotehnice se angajează să muncească cu abnegație și devotament, să nu precupețească nici un efort pentru realizarea și depășirea prevederilor celui de-al IX-lea Congres al Partidului Comunist Român.

O nouă metodă de investigaţie privind căderile de tensiune în maşinile electrice cu colector

Gheorghe Petrescu* — Bucureşti

CZ 621.313.2.013.4

1. Premisele problemei

Este cunoscut că tensiunea electromotoare indusă într-o spiră a maşinilor electrice de curent continuu cu colector rezultă din variaţa fluxului magnetic care străbate spira în mişcare de rotaţie în faţa polilor inductori alternînd nord şi sud, astfel încît ea variază în mod periodic ca şi la maşinile sincrone de curent alternativ după o curbă care depinde de curba de repartizare a fluxului în întrefier şi care se apropie de o sinusoidă [1] (fig. 1).

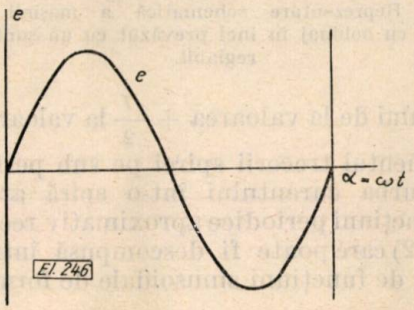


Fig. 1. Curba tensiunii electromotoare induse într-o spiră a maşinii de curent continuu.

Este cunoscut că, datorită colectorului folosit la maşinile de curent continuu, la perii se obţine totuşi o tensiune rezultantă U avînd un sens şi o valoare, practic, constantă care poate fi folosită pentru a produce în circuitul exterior un curent continuu [2].

Este, de asemenea, cunoscut că, deşi în circuitul exterior al maşinilor de curent continuu curentul este constant, ca sens şi ca valoare, într-o spiră a indusului acestor maşini curentul

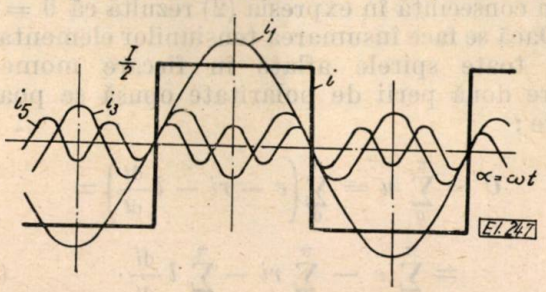


Fig. 2. Curba curentului într-o spiră a maşinii de curent continuu.

variază în mod periodic, după o curbă cu alură rectangulară (fig. 2), inversarea sensului făcîndu-se atunci cînd spira respectivă trece pe sub o perie [3].

Această schimbare a caracterului continuu al tensiunii şi curentului din circuitul exterior într-o tensiune şi curent cu caracter alternativ în spirele indusului cu colector al maşinilor de curent continuu este ilustrată în modul cel mai sugestiv de funcţionarea comutatricei.

Intr-adevăr la această maşină acelaşi bobinaj al indusului produce la inelele de contact, în regim de maşină sincronă, o tensiune şi un curent alternativ (mono sau polifazat), iar la perii, în regim de maşină de curent continuu, o tensiune şi un curent continuu, tensiunea electromotoare şi curentul în raport cu spirele bobinajului fiind alternative ca şi în funcţionarea în curent alternativ.

Această constatare referitoare la caracterul alternativ al curentului în raport cu spirele indusului, la maşinile cu colector de curent continuu, a ridicat o interesantă problemă privind posibilitatea de a se obţine atunci cînd ar fi necesar o cădere de tensiune inductivă reglabilă în bobinajul indusului străbătut de un curent cu caracter alternativ rezultînd din inversarea produsă de colector.

Este cunoscut de exemplu, că pentru obţinerea unei caracteristici externe cu alură căzătoare, necesară pentru menţinerea stabilităţii arcului electric la sudura electrică cu arc în curent alternativ, se montează în circuitul de sudură o reactanţă magnetică reglabilă.

Este, de asemenea, cunoscut procedeul, aplicat în cazul transformatoarelor de sudură de a îngloba această reactanţă în construcţia transformatorului de sudură, folosind un şunt magnetic reglabil pentru mărirea inductanţei de scăpări a bobinajului secundar al transformatorului.

O interesantă invenţie romînească** a făcut posibilă aplicarea aceluiaşi procedeu în cazul generatoarelor de sudură rotative de curent alternativ.

In acest scop bobinajul indusului generatorului este executat sub formă de bobinaj în inel şi este prevăzut cu un inel interior S (fig. 3), deplasabil din exterior în sens axial, care permite creşterea inductanţei de scăpări a bobinajului îndeplinind astfel funcţiunea de şunt magnetic reglabil.

---

* Prof. ing. *Gh. Petrescu* — doctor în ştiinţe tehnice — lucrează la Direcţia generală pentru metrologie, standarde şi invenţii de pe lîngă Consiliul de Miniştri.

** Invenţia „Procedeu de reglare a curentului de sudură cu arc la generatoarele rotative de curent alternativ" de ing. *Grosu Ştefan.*

S-a pus atunci problema extinderii aceluiași procedeu și în cazul generatoarelor de sudură de curent continuu, cu justificarea că întrucît curentul în bobinajul indusului este și în acest caz alternativ, este de așteptat să producă aceleași căderi de tensiune inductive ca și în cazul generatoarelor de curent alternativ. Această concluzie pare justificată de constatarea că o comutatrice, care în mod normal servește pentru transformarea curentului alternativ în curent continuu (și invers), poate funcționa ca generator producînd, din același bobinaj, atît curent continuu la colector cît și curent alternativ la inelele de contact, astfel încît căderea de tensiune inductivă produsă în bobinaj trebuie să influențeze asupra tensiunii la borne obținută atît în curent continuu cît și în curent alternativ.

În cele ce urmează se încearcă să se elucideze această problemă, folosind o nouă metodă de studiu al mașinilor de curent continuu, rezultînd din aplicarea teoriei generale a curenților alternativi asupra curenților cu caracter alternativ, care parcurg spirele bobinajului indus al acestor mașini.

2. Determinarea tensiunii la bornele mașinii de curent continuu

Ținînd seamă de constatarea că în cazul mașinilor de curent continuu tensiunea electromotoare și curentul în spirele indusului sînt alternative, tensiunea u obținută într-o spiră a indusului poate fi exprimată prin relația:

$$u = e - ri - l\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}, \qquad (1)$$

în care:

e este tensiunea electromotoare indusă în spiră;

ri — căderea de tensiune ohmică în rezistența r a spirei;

$l\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ — căderea de tensiune inductivă în inductanța l a fluxului de scăpări al spirei.

Pentru simplificare, în continuare se va considera că mașina este bipolară și că are un bobinaj în inel cu o singură spiră în secțiunea în comutație (fig. 3) producînd în circuitul exterior un curent continuu de valoare I.

Considerînd că tensiunea electromotoare alternativă e indusă într-o spiră variază după o sinusoidă ca și în cazul mașinilor de curent alternativ, dacă se ia ca origină de fază momentul cînd spira considerată trece pe sub axa periilor, și dacă se notează cu θ unghiul pe care-l face axa periilor cu normala pe axa fluxului inductor Φ, se poate scrie:

$$e = \frac{\Phi}{2}\omega \sin(\omega t \pm \theta). \qquad (2)$$

Valoarea instantanee i a curentului într-o spiră se menține constantă, în cursul deplasării ei între două perii, inversîndu-se brusc sensul

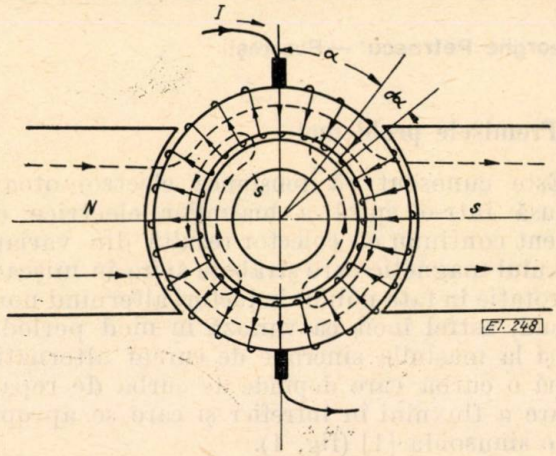


Fig. 3. Reprezentare schematică a mașinii de curent continuu cu bobinaj în inel prevăzut cu un șunt magnetic reglabil.

curentului de la valoarea $+\frac{I}{2}$ la valoarea $-\frac{I}{2}$, în momentul trecerii spirei pe sub perie, astfel încît curba curentului înt-o spiră are forma unei funcțiuni periodice aproximativ rectangulară (fig. 2) care poate fi descompusă într-o serie Fourier de funcțiuni sinusoidale de forma:

$$i = \frac{4}{\pi}\frac{I}{2}\sin\omega t + \frac{1}{3}\frac{4}{\pi}\frac{I}{2}\sin 3\omega t + \frac{1}{5}\frac{4}{\pi}\frac{I}{2}\sin 5\omega t \ldots \qquad (3)$$

în care $\frac{I}{2}$ reprezintă amplitudinea constantă a curbei periodice [4].

In cazul mașinilor de curent continuu de construcție uzuală, la care periile sînt calate pe axa neutră, adică pe o axă normală pe axa fluxului inductor, tensiunea electromotoare indusă trece prin zero la trecerea spirei pe sub perii și în consecință în expresia (2) rezultă că $\theta = 0$.

Dacă se face însumarea tensiunilor elementare din toate spirele aflate în fiecare moment între două perii de polaritate opusă se poate scrie:

$$U = \sum_0^{\pi} u = \sum_0^{\pi}\left(e - ri - l\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}\right) = \sum_0^{\pi} e - \sum_0^{\pi} ri - \sum_0^{\pi} l\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}. \qquad (4)$$

Dacă se notează cu n numărul de rotații pe secundă și cu N numărul total de spire din bobinajul indusului și dacă se înlocuiește, în expresia tensiunii electromotoare e și a curentului i, ωt cu α, care reprezintă unghiul făcut de planul spirei considerată cu axa periilor la timpul

t, și ținînd seamă că într-un unghi elementar $d\alpha$ se găsesc $\frac{N}{2\pi}d\alpha$ spire, se poate scrie:

$$de = 2\pi n \frac{\Phi}{2}\frac{N}{2\pi} \sin \alpha d\alpha = \frac{\Phi}{2} nN \sin \alpha d\alpha \quad (5)$$

și deci:

$$\sum_0^\pi e = \frac{\Phi}{2} n N \int_0^\pi \sin \alpha d\alpha = \frac{\Phi}{2} n N [\cos \alpha]_0^\pi =$$

$$= n N \Phi = E. \quad (6)$$

Pe de altă parte, ținînd seamă de expresia (3) a curentului i se poate scrie:

$$\sum_0^\pi ri = r \frac{N}{2\pi} \int_0^\pi \left(\frac{4}{\pi}\frac{I}{2} \sin \alpha + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{3}\frac{4}{\pi}\frac{I}{2} \sin 3\alpha \ldots \right) d\alpha. \quad (7)$$

Valoarea acestei integrale reprezintă suprafața S a unei semiunde a funcțiunii periodice i din figura 2. Ținînd seamă că această semiundă are o formă dreptunghiulară, suprafața ei poate fi ușor calculată direct:

$$S = \frac{I}{2} \times \pi \text{ deci } \sum_0^\pi ri = \frac{rN}{2\pi}\frac{I}{2}\pi = r\frac{N}{4} I. \quad (8)$$

Se observă însă că $r\frac{N}{2}$ reprezintă rezistența ohmică a spirelor dintr-o jumătate de indus, iar $r\frac{N}{4}$ reprezintă rezistența ohmică R echivalentă a întregului bobinaj al indusului, constituită din două jumătăți conectate în paralel:

$$\text{Deci } \sum_0^\pi ri = RI.$$

De asemenea, se poate scrie:

$$\sum_0^\pi l\frac{di}{dt} = \sum_0^\pi kl\frac{N}{2\pi}\frac{4}{\pi}\frac{I}{2}\omega \int_0^\pi (\cos \alpha +$$

$$+ \cos 3\alpha + \ldots) d\alpha, \quad (9)$$

k fiind un factor de multiplicare introdus pentru a se ține seamă de mărirea inductanței de scăpări datorită influenței inductanței mutuale dintre spire în producerea fluxului de scăpări. Dar:

$$\int_0^\pi (\cos \alpha + \cos 3\alpha + \ldots) d\alpha = \left[\sin \alpha + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{3} \sin 3\alpha + \ldots \right]_0^\pi = 0 \quad (10)$$

deci $\sum_0^\pi l\frac{di}{dt} = 0$.

Rezultă deci că: $U = E - RI$

adică se regăsește relația cunoscută din teoria clasică a mașinilor de curent continuu.

Totodată se face constatarea că, deși curentul în raport cu spirele indusului are un caracter alternativ, în expresia tensiunii la perii intervine o cădere de tensiune ohmică RI, dar nu intervine o cădere de tensiune inductivă.

În cazul cînd axa periilor nu este perpendiculară pe axa polilor ci face un unghi $\frac{\pi}{2} \pm \theta$, expresia tensiunii electromotoare într-o spiră ia forma:

$$e = \frac{\Phi}{2} \omega \sin (\omega t \pm \theta) = \frac{\Phi}{2} \omega (\cos \theta \sin \omega t \pm$$

$$\pm \sin\theta \cos\omega t)$$

și deci

$$\sum_0^\pi e = \frac{\Phi}{2} nN \left[\cos \theta \int_0^\pi \sin \alpha \, d\alpha \pm \right.$$

$$\left. \pm \sin \theta \int_0^\pi \cos \alpha \, d\alpha \right] = \Phi nN \cos \theta = E, \quad (11)$$

iar $\sum_0^\pi ri = RI$ și $\sum_0^\pi l\frac{di}{dt} = 0$, deci și în acest caz $U = E - RI$

3. Rolul colectorului în explicarea fenomenelor

Din cele arătate rezultă constatarea, oarecum surprinzătoare, că în cazul mașinilor de curent continuu deși bobinajul indusului este sediul unei tensiuni electromotoare alternative și al unui curent alternativ, și deci în rezistența acestui bobinaj se produce o cădere de tensiune ohmică, în inductanța lui nu se produce o cădere de tensiune inductivă.

Este important de stabilit explicația fizică a acestui fenomen care pare în contradicție cu teoria clasică a curenților alternativi. În acest scop este necesar de a se analiza în mod mai aprofundat rolul colectorului în fenomenul de inversare al curentului, și, implicit, în mecanismul de producere al curentului alternativ în bobinajul indusului.

Într-adevăr caracteristica esențială a circuitelor uzuale de curent alternativ este faptul că datorită aplicării unei tensiuni electromotoare alternative, valoarea curentului se inversează variind simultan în toate punctele circuitului în același sens (fie de la pozitiv la negativ, fie invers de la negativ la pozitiv).

În cazul funcționării mașinilor de curent continuu cu colector inversarea curentului în bobinajul indusului prin intermediul colectorului are loc în condiții complet diferite.

Într-adevăr în acest caz în spirele bobinajului indusului, cuprins între două perii de polaritate opusă, în care curentul este alternativ, inversarea curentului și variația lui nu se face simultan în același fel în toate spirele.

În timp ce în spirele secţiunii în comutaţie de sub o perie curentul trece brusc de la valoarea $+\frac{I}{2}$ la valoarea $-\frac{I}{2}$, în spirele secţiunii în comutaţie de sub peria de polaritate opusă, curentul trece brusc de la valoarea $-\frac{I}{2}$ la valoarea $+\frac{I}{2}$, iar în restul spirelor, dintre cele două secţiuni în comutaţie curentul păstrează o valoare constantă.

În consecinţă dacă se face suma tensiunilor electromotoare $l\frac{di}{dt}$ produse prin inducţie proprie în spirele dintre cele două perii, se constată că în spirele în comutaţie de sub prima perie se produc tensiuni electromotoare pozitive, iar în spirele în comutaţie de sub cea de-a doua perie se produc tensiuni electromotoare de aceeaşi valoare dar negative, iar în restul spirelor nu se produce nici o tensiune electromotoare, astfel încît suma tensiunilor electromotoare induse în bobinajul dintre cele două perii este nulă.

În consecinţă căderea de tensiune totală inductivă în bobinajul indusului este nulă deşi curentul are caracter alternativ, astfel încît folosirea unei reactanţe interne reglabile la maşinile de curent continuu este fără efect.

Nu acelaşi lucru se întîmplă în ceea ce priveşte căderea de tensiune ohmică. În timp ce prin comutarea periei de pe o lamelă de colector pe alta este scoasă din circuit rezistenţa spirei ieşite de sub o perie, este introdusă în circuit rezistenţa unei spire intrate sub peria de polaritate opusă, astfel încît în fiecare moment se găseşte intercalată în circuit o rezistenţă constantă formată din rezistenţa spirelor dintre cele două perii.

4. Extindere în cazul maşinilor cu colector de curent alternativ, monofazat

Problema căderilor de tensiune inductive, în bobinjaul indusului cu colector se poate pune în mod similar şi în cazul maşinilor electrice cu colector de curent alternativ monofazat. Există totuşi unele diferenţe şi anume :

— În cazul maşinilor cu colector de curent monofazat, în afară de aspectul alternativ al curentului determinat de inversarea sensului prin colector, există şi aspectul alternativ al curentului rezultînd din natura variabilă a curentului alternativ.

— În acest caz în fiecare spiră a bobinajului indusului se produce o tensiune electromotoare de inducţie statică produsă prin variaţia curentului alternativ, peste care se suprapune o tensiune electromotoare de inducţie dinamică provocată de inversarea curentului prin colector. În procesul de producere a scînteilor la colector intervin ambele efecte agravînd foarte mult fenomenul de comutaţie.

— În ceea ce priveşte însă căderea de tensiune inductivă în întreg bobinajul indusului aceasta este provocată numai pe cale statică prin variaţia curentului alternativ, efectele inductive produse prin inversarea curentului datorită colectorului compensîndu-se reciproc între două perii de polaritate opusă.

Aceste concluzii privind suprapunerea fenomenelor de variaţie alternativă a curentului datorită, pe deoparte, inversării curentului prin colector şi, pe de altă parte, datorită naturii alternative a curentului şi în care numai variaţiunea datorită naturii alternative a curentului conduce la un efect de cădere de tensiune inductivă pot fi aplicate şi pentru explicarea funcţionării unei comutatrice. Admiţînd că o astfel de maşină produce simultan la colector un curent continuu şi la inelele de contact un curent alternativ, în bobinajul maşinii se produce o suprapunere a acestor curenţi conducînd la o cădere de tensiune rezultantă comună, în care fiecare din aceşti curenţi intervine cu efectul pe care-l realizează în mod efectiv.

5. Cazul maşinilor cu colector funcţionînd pe baza fluxului de reacţie magnetică

Trecerea curentului prin bobinajul indusului maşinii de curent continuu determină producerea unui flux de reacţie magnetică al indusului, dirijat după axa periilor. Prin rotirea indusului în acest flux, în spirele lui iau naştere tensiuni electromotoare induse care se compun într-o tensiune rezultantă obţinută la perii.

Poziţia fluxului de reacţie magnetică produs de indus este determinată de doi factori : direcţia axei tensiunii magnetomotoare produsă de bobinajul indus, care coincide cu axa periilor şi direcţia axei polilor prin care se închide fluxul de reacţie magnetică.

În cazul maşinilor de curent continuu de construcţie uzuală cu poli de comutaţie, axa periilor este calată la 90° electrice faţă de axa polilor şi în consecinţă circuitul magnetic prin care se închide fluxul de reacţie magnetică condiţionat de prezenţa pieselor polare ale polilor inductori, are o configuraţie simetrică a cărui axă coincide cu axa periilor. În consecinţă valoarea tensiunii electromotoare rezultante obţinute la perii datorită fluxului de reacţie magnetică este nulă.

În cazul cînd axa periilor nu ar coincide cu axa neutră ci ar face cu aceasta un unghi θ fluxul de reacţie al indusului φ proporţional cu curentul I, produce o componentă longitudinală φ_l după direcţia axei polilor inductori şi o componentă transversală φ_t .

Componenta longitudinală φ_l se suprapune peste fluxul inductor Φ producînd fluxul rezultant Φ_r astfel încît potrivit expresiei (11)

tensiunea electromotoare obținută la perii devine :

$$E = nN\,\Phi_r \cos\theta = nN\,(\Phi \pm \varphi_l)\cos\theta.$$

Tensiunea electromotoare la perii datorită componentei transversale este nulă.

În cazul special al unor mașini electrice care funcționează fără flux inductor rezultă :

$$E = nN\varphi_l \cos\theta.$$

Acesta este cazul mașinii electrice care formează obiectul invenției intitulată „Motor electric universal cu colector" autori ing. H. Aslan și ing. A. Fransua, la care tensiunea electromotoare obținută la perii este realizată numai prin fluxul de reacție magnetică a indusului.

Bibliografie

[1] *Liwschitz, M.* Die elektrischen Maschinen, vol. I. Leipzig — Berlin, Teubneer, 1931, p. 78—79.
[2] *Liwschitz, M.* Die elektrischen Maschinen, vol. I. Leipzig — Berlin, Teubneer, 1931, p. 208.
[3] *Liwschitz, M.* Die elektrischen Maschinen, vol. I. Leipzig — Berlin, Teubneer, 1931, p. 220.
[4] *Liwschitz, M.* Die elektrischen Maschinen, vol. I. Leipzig — Berlin, Teubneer, 1931, p. 110.
[5] *Liwschitz, M.* Die elektrischen Maschinen, vol. I, Leipzig — Berlin, Teubneer, 1931, p. 256.

Intrat în redacție la 24.XI.1964

Unele considerații referitoare la proiectarea mașinilor electrice cu înfășurările realizate pe baza circuitelor imprimate

Dumitru F. Lăzăroiu * — București

CZ 621.313.29.045.15.001.

Într-o lucrare anterioară [1], s-a arătat cum circuitele imprimate, care au revoluționat tehnologia de fabricație a aparatelor electronice, au început a fi luate în considerare și la diferite construcții electrotehnice, în mod deosebit la realizarea înfășurărilor mașinilor electrice mici de diferite tipuri. S-au arătat tipurile constructive utilizate, cum și metoda de calcul a acestor înfășurări, bazată pe teoria similitudinii.

Ulterior, aceste construcții pentru care interesul suscitat a devenit tot mai evident, în primul rînd, ca urmare a unei tehnologii relativ simple [2], care aduce avantaje tehnico-economice numeroase, au început a fi studiate tot mai aprofundat. Autorul a trecut la construcția unor mașini de acest tip, al căror studiu n-a fost încă terminat.

În această lucrare se prezintă unele elemente necesare proiectării mașinilor electrice cu înfășurările realizate pe baza circuitelor imprimate.

Relații geometrice fundamentale pentru calculul mașinii

Dimensiunile geometrice ale conductoarelor imprimate sînt în strînsă dependență de parametrii electrici și magnetici ai mașinii. Se consideră, conform figurii 1, un disc cu N conductoare de grosime h, [3] notînd :

$\beta = \frac{2\pi}{N}$ — lățimea unghiulară, în radiani;

r_e, r_i — razele exterioară și interioară ale construcției în care se înscrie înfășurarea imprimată;

r_2, r_1 — razele interioară și exterioară ale zonei în care sînt așezate conductoarele active ale înfășurării, străbătute de fluxul de excitație din stator, cu neglijarea părților frontale ale acestora.

Se determină raza medie, lungimea, lățimea și ariile conductorului în secțiune maximă, minimă și medie :

$$\left.\begin{aligned} &r_{med} = \frac{1}{2}(r_2 + r_1);\quad L = r_2 - r_1;\\ &b_1 = \beta \cdot r_1;\quad b_2 = \beta \cdot r_2;\quad b_{med} = \beta \cdot r_{med};\\ &Q_1 = h \cdot b_1;\quad Q_2 = h \cdot b_2;\quad Q_{med} = h \cdot b_{med}. \end{aligned}\right| \qquad (1)$$

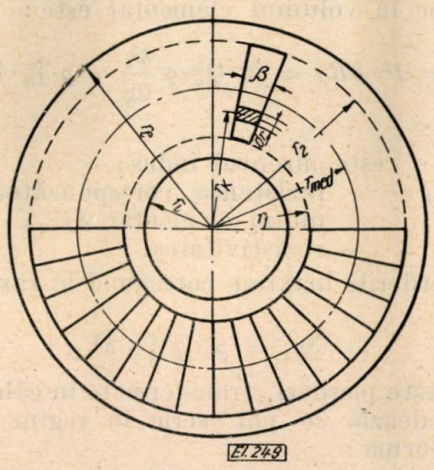


Fig. 1. Bobinaj imprimat cu conductoare ideale.

Cele arătate se consideră ca apropiate de realitate, în special, pentru mașinile cu număr mare de poli, neglijîndu-se legăturile frontale scurte și luînd în considerare numai zona

* Conf. ing. *D. F. Lăzăroiu* este directorul Institutului de cercetări și proiectări electrotehnice.

activă a conductoarelor, cu neglijarea spațiului izolant, $2l$, dintre 2 conductoare succesive. În cazul în care se ține seama de intervalul $2l$, considerentele geometrice se vor face conform

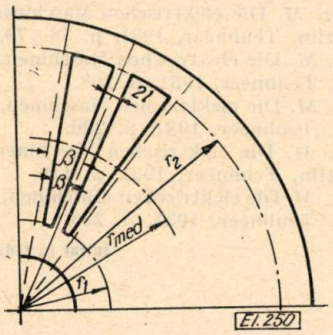


Fig. 2. Geometria conductoarelor imprimate și a interstițiilor izolante.

figurii 2. Pentru demonstrația de față sînt însă suficiente aproximațiile corespunzătoare figurii 1.

Se va demonstra, în continuare, dependența cuplului electromagnetic (respectiv puterii electromagnetice) de raportul $\frac{r_2}{r_1}$.

Pentru simplificare se va considera cazul limită cînd conductibilitatea termică $\lambda = 0$, adică cedarea de căldură se face exclusiv prin suprafața conductorului.

Densitatea de curent admisibilă j este mai mică sau cel mult egală cu j_1, fiind limitată de secțiunea minimă a conductorului corespunzînd razei r_1.

Secționînd nductorul în elemente de volum, pentru care se poate considera densitatea de curent constantă :
$\delta V = Q \cdot \delta r = h \cdot B \cdot \delta r$, atunci expresia pierderilor în volumul elementar este :

$$\delta p_K = I^2 \cdot \delta R_K = j_K^2 \cdot Q_K^2 \cdot \rho \frac{\delta r_k}{Q_K} = \rho \cdot j_K^2 \cdot \delta V_K, \quad (2)$$

unde :

I este curentul indus ;
δR_K — rezistența corespunzătoare volumului elementar δV_K ;
ρ — rezistivitatea.

Pierderile maxime corespund la raza r_1 cu j_1 adică :

$$\delta p_1 = \rho \cdot j_1^{-2} \cdot \delta V_1. \quad (3)$$

Aceste pierderi, transformate în căldură care se cedează, se pot scrie în regim staționar sub forma :

$$\delta p_1 = \alpha \cdot \delta S_1 \cdot \theta_{ci}, \quad (4)$$

unde :

α este coeficientul de cedarea căldurii ;
δS_1 — elementul de suprafață prin care se cedează căldura produsă în elementul de volum ;
θ_{ci} — încălzirea admisibilă a circuitului imprimat în raport cu ambianta.

Din relațiile (3) și (4) rezultă :

$$j_1 = \sqrt{\frac{\alpha \cdot \delta S_1 \cdot \theta_{ci}}{\rho \cdot \delta V_1}} = \sqrt{\frac{\alpha \cdot \theta_{ci}}{\rho \cdot h}} = j. \quad (5)$$

Pentru orice altă secțiune din conductor,

$$j_K = j \cdot \frac{Q_1}{Q_K} = j \cdot \frac{r_1}{r_K},$$

iar curentul $I = j \cdot Q_1 = j \cdot h \cdot \beta r_1 = j \frac{2\pi}{N} \cdot h \cdot r_1$, (6)

toate aceste valori fiind independente de elementul de suprafață.

Tensiunea electromotoare a înfășurării are expresia :

$$E = \frac{N}{a} \int_{r_1}^{r_2} B \cdot v \cdot dr = \frac{N}{a} \int_{r_1}^{r_2} B\Omega r \, dr = \frac{N}{2a} \cdot$$
$$\cdot B\Omega (r_2^2 - r_1^2) = \frac{N}{a} \cdot B\Omega l \cdot r_{med}, \quad (7)$$

unde :

a este numărul de căi în paralel ale înfășurării ;
v — viteza liniară de rotație a conductorului în punctul considerat ;
B — inducția ;
Ω — viteza unghiulară.

Cuplul electromagnetic dezvoltat are expresia :

$$M = N \int_{r_1}^{r_2} B \cdot I \cdot r \cdot dr = \frac{N}{2} B \cdot I \cdot (r_2^2 - r_1^2 =$$
$$= N \cdot B \cdot I \cdot l \cdot r_{med} \quad (8)$$

sau, ținînd seama de relația (6) :

$$M = \pi \cdot h \cdot B \cdot j \cdot r_1 (r_2^2 - r_1^2). \quad (9)$$

M este nul pentru $r_1 = 0$ și pentru $r_2 = r_1$.

Pentru condițiile date și păstrînd $r_2 = \text{const}$ (gabaritul constant), cuplul optim se determină anulînd derivata funcției (9), $M = f(r_1)$, obținîndu-se în acest caz $r_1 = \frac{r_2}{\sqrt{3}}$ sau $\frac{r_2}{r_1} = 1{,}73$.

Exprimînd relația care dă rezistența electrică a elementului de volum : $R_K = \rho \frac{\delta r}{Q_K} = \rho \cdot \frac{\delta r_K}{h \cdot \beta \cdot r_K}$, rezistența unui conductor capătă valoarea :

$$R = \lim_{\delta r \to 0} \sum_{k=1}^{2} \delta R_K = \frac{\rho}{h \cdot \beta} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} =$$
$$= \frac{\rho}{h \cdot \beta} \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{N \cdot \rho}{2\pi \cdot h} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} \cdot \quad (10)$$

Din relațiile (6) și (10) rezultă expresia pierderilor din cuprul rotorului :

$$P_{Cu} = N \cdot R \cdot I^2 = 2\pi\rho h \cdot j^2 \cdot r_1^2 \cdot \ln \frac{r_2}{r_1}, \quad (11)$$

care are valoarea maximă pentru $r_1 = \frac{r_2}{\sqrt{e}}$, sau $\frac{r_2}{r_1} = 1{,}65$.

Vom considera de această dată un al doilea caz limită, în care $\lambda = \infty$, adică pierderile transformate în energie calorică sînt cedate prin suprafața totală a înfășurării imprimate :

$$P_{Cu} = \alpha \cdot \theta \cdot 2\pi (r_2^2 - r_1^2). \quad (12)$$

Scriind acel parametru, în funcție de curent, calculat pe baza densității de curent în secțiunea medie, adică :

$$I = \frac{\pi}{N} \cdot h \cdot (r_1 + r_2) \cdot j_{med}, \text{ atunci}$$

$$P_{Cu} = \frac{\pi}{2} \rho \cdot h \cdot (r_1 + r_2)^2 \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} \cdot j_{med}^2. \quad (13)$$

Din relațiile (12) și (13), cum și din relația (5) care determină densitatea de curent admisibilă j :

$$j_{med} = j \cdot \sqrt{2 \frac{r_2 - r_1}{r_2 + r_1} \cdot \ln \frac{r_1}{r_2}}, \quad (14)$$

iar într-o secțiune oarecare a conductorului :

$$j_K = j_{med} \frac{Q_{med}}{Q_K} = j \frac{\sqrt{\frac{1}{2}(r_2^2 - r_1^2) \ln \frac{r_1}{r_2}}}{r_K},$$

iar curentul $I = j \cdot \frac{\pi}{N} \cdot h \sqrt{2 (r_2^2 - r_1^2) \ln \frac{r_1}{r_2}}$. (15)

Cu ajutorul relației (15), expresia cuplului electromagnetic devine :

$$M = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \cdot h \cdot B \cdot j (r_2^2 - r_1^2)^{3/2} \cdot \left(\ln \frac{r_1}{r_2} \right)^{1/2}. \quad (16)$$

Cuplul M devine maxim, pentru $\lambda = \infty$ și gabarit $r_2 = \text{const.}$, iar $r_1 = \frac{r_2}{2{,}59}$.

În consecință, ținînd seamă că λ are o valoare pozitivă, cuprinsă între 0 și ∞, rezultă că pentru situația reală :

$$1{,}73 < \frac{r_2}{r_1} < 2{,}59. \quad (17)$$

În ce privește raportul $\frac{r_e}{r_i}$, acesta este condiționat de dimensiunile părții frontale a conductoarelor, așa încît la un număr mare de poli situația se apropie de cazul ideal :

$$r_e \cong r_2 \text{ și } r_i \cong r_1.$$

De exemplu, la motoarele de tip „Servalco" cu 8 poli, raportul $\frac{r_e}{r_i} \leqslant 3$, ceea ce demonstrează că și în această situație sîntem aproape de cazul ideal. Rezultă, din cele arătate că independent de dimensiunile absolute, de putere, de condițiile de funcționare și de destinația mașinii electrice cu înfășurările imprimate, rapoartele dimensionale $\frac{r_e}{r_i}$ și $\frac{r_2}{r_1}$ sînt constante fundamentale pentru un tip de înfășurare considerat. De aceea se poate afirma că înfășurările mașinilor de aceeași construcție sînt similare pentru diferite puteri. Aceasta este și justificarea utilizării legii de similitudine la calculul unei mașini electrice dintr-o serie unitară, pe baza unui tip fundamental considerat reușit. Modul de aplicare al acestor legi și un exemplu concret de calcul au fost date în [1], [4], [5].

Calculul termic al rotoarelor imprimate

Ca și în cazul mașinilor clasice, dar pusă într-un mod calitativ diferit, apare problema determinării încălzirii indusului cu înfășurarea realizată pe principiul circuitului imprimate. Evacuarea căldurii din elementul imprimat este asigurată prin convecția și radiația căldurii, cum și prin conductivitatea termică a suportului izolant.

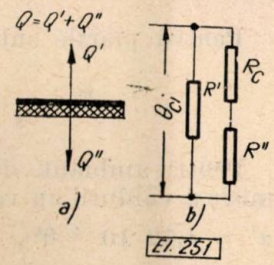


Fig. 3. Fluxul caloric și schema echivalentă a rezistențelor termice pentru un suport izolant placat cu folie de cupru pe o singură față.

Se consideră cazul unui suport izolant acoperit de o peliculă metalică, prin suprafața căreia se evacuează căldura [6]. Rezistența termică a peliculei, în sensul grosimii acesteia, poate fi neglijată. În regim termic staționar, fluxul caloric Q se împarte în două părți $Q = Q' + Q''$. Conform figurii 3, *a*, se poate scrie :

$$p_s = \frac{\theta_{ci}}{R_0}, \quad (18)$$

unde :

- p_s este puterea specifică de disipație (cantitatea de căldură disipată de unitatea de timp) ;
- θ_{ci} — încălzirea (diferența de temperatură între circuitul imprimat și mediul ambiant) ;
- R_0 — rezistența termică pe unitatea de suprafață.

Conform schemei echivalente din figura 3, *b*, rezistența R' corespunzătoare convecției și radiației directe a peliculei metalice (coresp. Q') se leagă în paralel cu cele două rezistențe înse-

riate : R_c corespunzătoare conductivității termice a suportului izolant și R'' corespunzătoare convecției și radiației feței opuse a suportului izolant (coresp. Q''). Mărimea acestor rezistențe se determină astfel :

$$R' = \frac{1}{\alpha'}; \quad R'' = \frac{1}{\alpha''}; \quad R_c = \frac{\delta}{\lambda}, \qquad (19)$$

unde :

α' este coeficientul de transmisie a căldurii dinspre pelicula metalică ;
α'' — coeficientul de transmisie a căldurii dinspre fața suportului izolant ;
λ — coeficientul de conductivitate termică al suportului izolant ;
δ — grosimea suportului izolant.

Rezistența termică specifică totală, după schema echivalentă :

$$R_0 = \frac{\lambda + \alpha'' \cdot \delta}{\alpha' \cdot \lambda + \alpha'' \cdot \lambda + \alpha' \cdot \alpha'' \cdot \delta}. \qquad (20)$$

Situația se simplifică în cazul poziției verticale a plăcii, cînd $\alpha' \cong \alpha''$ și deci :

$$R_0 = \frac{\lambda + \alpha \cdot \delta}{2\alpha \cdot \lambda + \alpha^2 \cdot \delta}. \qquad (21)$$

Pentru plăcile subțiri, cu $\lambda \cong \infty$,

$$R_0 = \frac{1}{\alpha' + \alpha''} = \frac{1}{2\alpha_{med}}. \qquad (22)$$

Pentru ambianta de 35°C, coeficienții de transmisie a căldurii au valorile : $\alpha' = 6 \cdot 10^{-4} \cdot \theta^{1/4}$ și $\alpha'' = 4{,}12 \cdot 10^{-4} \cdot \theta^{1/4}$, $\frac{W}{cm^2 \cdot grad}$, sau, grafic, conform figurii 4. Coeficientul de conductivitate termică λ este pentru pertinax $28{,}9 \cdot 10^{-4}$ W/cm grad și $103 \cdot 10^{-4}$ pentru ceramică.

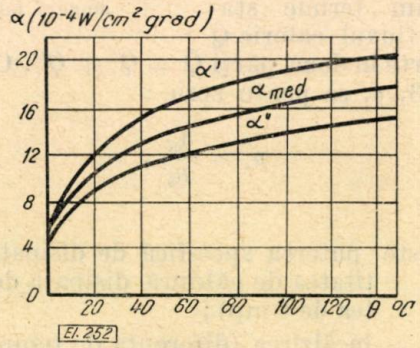


Fig. 4. Curbele de variație pentru coeficienții α' și α''.

Puterea specifică de disipație p_s, determinată cu relația (18), variază după curbele din figura 5, unde *1*, corespunde pertinaxului gros de 3 mm, *2*, discului de ceramică gros de 1 mm și *3*, plăcii ideale de grosime infinit mică, cu $\delta/\lambda = 0$.

Din curbe rezultă că, pentru încălziri pînă la 100°C, se poate neglija rezistența aferentă conductivității termice a plăcilor izolante (cu aproximație de 5%).

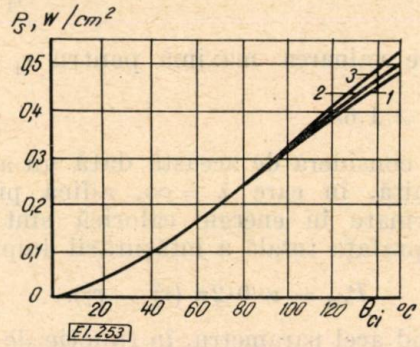


Fig. 5. Curbele de variație ale puterii specifice de disipație p_s, în cazul suportului izolant placat cu folie de cupru pe o singură față.

Se va considera acum cazul unui conductor real, imprimat pe un suport izolant, pentru care cantitatea de căldură Q_{ci}, care se evacuează din conductorul imprimat prin cele două fețe ale acestuia (ale foliei metalice), se poate scrie în regim staționar :

$$Q_{ci} = \theta_{ci} \cdot \alpha_{med} \cdot S, \qquad (23)$$

unde : $S = 2L' \cdot b$ este suprafața totală a conductorului imprimat (suma celor două fețe) prin care se evacuează Q_{ci}, în care L' și b sînt lungimea, respectiv lățimea medie reale ale conductorului, și anume : $L' = K_L \cdot L$, iar $b = \beta \cdot r_{med} - 2l$.

Conductoarele imprimate sînt separate între ele prin zone libere ale suprafeței suportului izolant, zone care evacuează căldura prin fenomenul conductivității suportului. Temperatura, la suprafața conductoarelor imprimate, poate fi considerată constantă, lățimea conductoarelor b fiind relativ mică, iar conductivitatea acestora, suficient de mare. Încercările de laborator [6] au demonstrat că rezistența termică a suportului de pertinax de 2 mm grosime este de 38 de ori mai mare decît cea a conductoarelor imprimate cu grosimea de 50 μ.

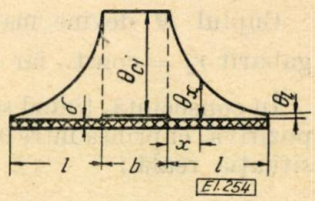


Fig. 6. Distribuția temperaturii în secțiunea unui conductor imprimat pe o singură față a suportului izolant și a spațiului dintre conductoare.

În figura 6 se vede distribuția temperaturii în secțiunea unui conductor imprimat și a suportului izolant respectiv.

Fenomenul se consideră analog cu transmisia căldurii prin nervura plană a unui schimbător de căldură [7]. În consecință, distribuția temperaturii, în regim staționar, în zona liberă de

cupru din jurul conductorului, considerat sursă de căldură, ca și în cazul nervurii plane, poate fi scrisă sub forma funcției :

$$\theta_x = \theta_{ci} \frac{\text{ch } m\ (l - x)}{\text{ch } ml}, \qquad (24)$$

unde : $m = \sqrt{\frac{2\alpha''}{\lambda \cdot \delta}}$, ceilalți parametri fiind conform figurii 6.

La margine, pentru $x = l$, $\theta_l = \theta_{ci} \frac{1}{\text{ch } ml}$. (24, a)

În cele ce urmează, cu suficientă aproximație, se consideră că : θ_{ci} este constant pe toată lățimea conductorului, ceea ce pentru $b = 1 \div 8$ mm este real ; transmisia de căldură este nulă prin partea frontală a suportului izolant, ca și prin partea frontală a conductorului (la o lungime suficient de mare a acestuia). Cu această aproximație, cantitatea de căldură evacuată de suportul izolant are expresia :

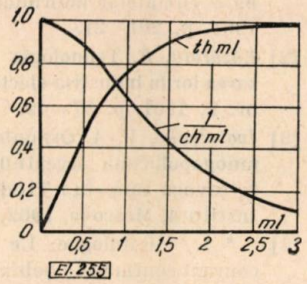


Fig. 7. Curba de variație a funcțiilor hiperbolice pentru $ml = 0 - 3$.

$$Q_{si} = 2\lambda \cdot m \cdot \delta \cdot L' \cdot \theta_{ci} \cdot \text{th } ml. \qquad (25)$$

Q_{si} este maxim pentru $\text{th } ml = 1$, ceea ce are loc cînd $ml \to \infty$.

În realitate, din cercetări experimentale rezultă că la $ml = 3$ degajarea de căldură atinge 99,5% din maximul posibil, iar la $ml = 1{,}5$ această proporție este de 90,5%, suficient pentru un disc imprimat la care spațiile libere dintre conductoare trebuie să fie cît mai reduse. În acest fel :

$$2l = 2\frac{ml}{m} = \frac{3}{m} = 3 \cdot \sqrt{\frac{\lambda \cdot \delta}{2\alpha''}}. \qquad (26)$$

Funcțiile hiperbolice, necesare calculului, se determină cu ajutorul figurii 7.

Cantitatea de căldură Q dezvoltată în conductor se evacuează prin cele două suprafețe ale conductorului imprimat (Q_{ci}), conform relației (23) și prin transmisia suportului izolant (Q_{si}), conform relației (25). În regim staționar :

$$Q = Q_{ci}^{*} + Q_{si} = Q_{ci}\left(1 + \frac{Q_{si}}{Q_{ci}}\right). \qquad (27)$$

Introducînd în relația (27) expresiile mărimilor Q_{ci} și Q_{si} și lucrînd cu $\alpha_{med} = \alpha$ se obține :

$$Q = Q_{ci}\left(1 + \frac{\sqrt{\delta}}{b} \cdot \sqrt{\frac{2\lambda}{\alpha}} \cdot \text{th } ml\right), \qquad (28)$$

sau utilizînd mărimile relative :

$$\frac{p_0}{p_s} = \frac{Q}{Q_{ci}} = 1 + \frac{\sqrt{\delta}}{b} \cdot \sqrt{\frac{2\lambda}{\alpha}} \cdot \text{th } ml, \qquad (29)$$

unde :

p_0 este puterea dezvoltată pe unitatea de suprafață a conductorului conform relației (30) ;

p_s — puterea disipată direct de unitatea de suprafață a conductorului separat, fără transmisia de căldură a zonei înconjurătoare, conform (18).

Raportul $\frac{p_0}{p_s}$ indică, cu suficientă aproximație, de cîte ori crește puterea specifică de disipație în cazul transmisiei de căldură a suprafeței suportului izolant care înconjoară conductorul imprimat.

Experiențele au arătat că, în cazul conductoarelor cu $b = 1 \div 2$ mm pe suport izolant de pertinax cu $\delta = 1 \div 2$ mm și o distanță între conductoare de $7 \div 10$ mm, cantitatea de căldură disipată crește de $4 \div 9$ ori în comparație cu un conductor ideal așezat pe un suport infinit subțire, în cazul aceleiași încălziri. Din considerente tehnice, trebuie micșorată distanța între conductoare, așa încît la valori de $3 \div 6$ mm, disipația de căldură să fie totuși de $2{,}5 \div 5$ ori mai mare.

Aplicație. Se cere a se determina dimensiunile δ, b, $2l$ în cm. Este necesar să se determine încălzirea, adică diferența de temperatură între conductorul imprimat și mediul înconjurător sau chiar diferența de temperatură între un punct oarecare al plăcii imprimate și ambianță. Se determină puterea specifică dezvoltată în W/cm² :

$$p_0 = \frac{I^2}{b^2} \cdot \frac{\rho}{h} = j^2 \cdot h \cdot \rho, \ W/cm^2, \qquad (30)$$

unde :

h este grosimea conductorului ;

I — curentul prin conductor ;

ρ — $1{,}78 \cdot 10^{-5}\ \Omega \cdot mm^2/mm$ pentru conductorul obținut prin procedeul de coroziune a cuprului placat pe pertinax și $2{,}5 \cdot 10^{-5}\ \Omega \cdot mm^2/mm$ pentru conductorul obținut prin depunere electrolitică.

Se fixează apoi o diferență de temperatură θ_{ci} probabilă, pentru care rezultă din figura 4 coeficientul α_{med}. Se calculează parametrul $m = \sqrt{\frac{2\alpha}{\lambda \cdot \delta}}$, apoi $p_s = \frac{p_0}{1 + \frac{\text{th } ml}{b}\sqrt{\frac{2\lambda\delta}{\alpha}}}$ și se determină diferența de temperatură $\theta_{ci} = f(p_s)$ din figura 5. Dacă nu se obține valoarea probabilă θ_{ci} pe care s-a bazat calculul, operația se repetă din aproape în aproape.

Compararea calculelor cu datele experimentale [6] privind variaţia lui θ_{ci} în funcţie de lăţimea conductorului b şi intensitatea curentului I, cu $\delta = 1{,}5$ mm, $h = 0{,}05$ mm

Tabela 1

Variaţia diferenţei de temperatură în funcţie de intensitatea curentului (b = 1 mm = const.)

Diferenţa de temperatură reală θ_{ci} (măsurată), °C	**20**	**50**	**70**	**80**
Intensitatea curentului I măsurată, A	3,6	5,8	6,9	7,4
Puterea specifică dezvoltată p_0 măsurată sau calculată cu relaţia (30), W/cm²	0,5	1,23	1,75	2,0
Puterea specifică de disipaţie p_s calculată cu relaţia (29) W/cm²	0,047	0,137	0,203	0,236
Diferenţa de temperatură θ_{ci} calculată cu relaţia (18),°C	**23**	**53**	**72**	**80,5**

Tabela 2

Variaţia curentului în funcţie de lăţimea conductorului θ_{ci} reală (măsurată) = 50 °C = const.

Intensitatea curentului I (măsurată), A	5,8	7,15	8,3
Lăţimea conductorului b, mm	1,0	1,5	2,0
Puterea specifică dezvoltată p_0 măsurată sau calculată cu relaţia (30), W/cm²	1,23	0,81	0,615
Puterea specifică de dispaţie p_s calculată cu relaţia (29), W/cm²	0,137	0,128	0,124
Diferenţa de temperatură θ_{ci} calculată cu relaţia (18), °C	**53**	**49,5**	**48,5**

şi $2l = 12$ mm, aşa cum se vede din tabelele 1 şi 2, se confirmă justeţea calculelor în limitele unor toleranţe admisibile (de comparat cifrele subliniate).

În cazul discurilor imprimate pentru maşini electrice, cînd imprimarea se face pe ambele feţe ale suportului izolant, calculul se execută ţinînd seamă de suprapunerea celor două fenomene, pentru care raţionamentele se repetă în mod analog pentru discul secţionat la $\delta/2$, fără transmisie de căldură prin secţiunea izotermă. În acest caz, curbele $p_s = f(\theta_{ci})$ din figura 5 îşi reduc ordonatele la 1/2, iar Q_{ci} şi Q_{si} îşi reduc mărimea la 1/2, faţă de cele calculate cu relaţiile (23) şi (25).

Bibliografie

[1] *Lăzăroiu, F.* Maşini electrice cu înfăşurările realizate pe baza circuitelor imprimate. În : Electrotehnica **9**, nr. 6, 1961, p. 201—213.

[2] *Lăzăroiu, F.* Tehnologia circuitelor imprimate şi utilizarea lor în industria electrotehnică. În: Electrotehnica **9**, nr. 2, 1961, p. 37—49.

[3] *Ivobotenko, V. A.* Osnonie sootnoşenia pri proektirovanii mnogopoliusnih peceatnih obmotok elektriceskih maşin torţovogo tipa. În : Trudi Moskovskogo Energeticeskogo Instituta, Moscova, 1962, tom. **38**, p. 209—222.

[4] * * * Catalogue Le moteur Servalco. Moteur à courant continu et à bobinage imprimé. Breveté, S.G.D.G., Paris, 1959.

[5] *Burr, P. R.* şi *Swiggest, R. L.* Motors with printed circuit rotors. În : Product Engineering, nr. 16, 1959, p. 64—66.

[6] *Ermolaev, Iu. P.* Analiticeskii metod teplovogo rasceta peceatnîh provodnikov. In : Izvestia Vîşşih Ucebnîh Zavedenii — Radiotehnika, nr. 5, 1961, tom. **IV**, p. 606—612. Izd. Kievskogo ordena Lenina Politehniceskogo Instituta.

[7] *Eckert, E.R.G.* şi *Drake, R. M.* Introduction to the transfer of heat and mass, 1959. Traducere în limba rusă : Teoria teplo i massobmena. Moscova, Gosenergoizdat, 1961, p. 63—66.

Intrat în redacţie la 3.V.1965

Metodă nouă de pornire a electromotoarelor asincrone de joasă tensiune cu rotorul în scurtcircuit şi aplicarea acesteia pe şantierele de petrol şi gaze

Mircea Berechet * — Cîmpina

CZ 621.313.333.2 – 573 :665.5

Demarajul electromotoarelor asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit se rezolvă în prezent prin metode curente. Astfel, se pot menţiona următoarele metode tehnice cunoscute şi aplicate : pornirea directă; pornirea prin autotransformator; pornirea prin conexiune stea-triunghi ; pornirea prin rezistenţe sau reactanţe inductive conectate în circuitul statoric.

Toate aceste mijloace utilizate pentru pornirea electromotoarelor asincrone cu rotorul în scurtcircuit au o serie de avantaje şi dezavantaje, care le fac aplicabile de la caz la caz.

* Ing. *M. Berechet* este inginer şef adjunct la Trustul „Energopetrol" — Cîmpina.

Pe şantierele de petrol şi gaze, unde motorul cu rotorul în scurtcircuit este atît de mult utilizat pentru calităţile sale, pornirea lui este asigurată în special prin conectarea directă la reţea pentru puteri pînă la circa 80 kW şi prin autotransformator, pentru puteri mai mari.

Aspectul pornirii automate a motoarelor de puteri mai mari de 80 kW nu este încă rezolvat, întrucît nu se dispune de un aparataj adecvat, de fabricaţie autohtonă.

În afară de mijloacele tehnice cunoscute şi amintite există o metodă de pornire mai puţin utilizată în ţările Europei, însă de largă răs-

pîndire industrială în S.U.A. [2], [3]. Această metodă are calităţi tehnico-economice deosebite, este foarte simplă şi se pretează cu uşurinţă la pornirea automată.

Scopul acestei lucrări este să arate în ce constă această metodă şi cum se poate aplica în special pe şantierele de petrol şi gaze.

Descrierea noii metode

Pentru aplicarea acestei metode de pornire, singura condiţie este ca motorul să aibă o înfăşurare dublă, în stea sau triunghi, şi ca cele şase capete ale acesteia să fie legate la şase borne distincte. Metoda necesită deci două înfăşurări parţiale care funcţionează în paralel. De aceea se poate adopta denumirea de pornire prin înfăşurare parţială (partwinding starting) sau prin înfăşurare paralelă, denumire mai potrivită pentru că arată modul de funcţionare a înfăşurărilor parţiale.

De multe ori ea se aplică şi în cazurile cînd motorul are şi mai mult de două înfăşurări parţiale conectate în paralel.

Pentru o mai uşoară înţelegere a metodei se vor face cîteva consideraţii teoretice.

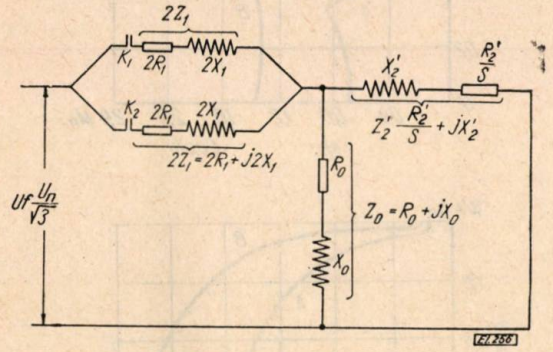


Fig. 1. Schema echivalentă a unui motor asincron cu două înfăşurări statorice paralele (parţiale):

K_1, K_2 – contactoare; R_1, R_0, R_2 – respectiv, rezistenţa statorică, rezistenţa echivalentă de pierderi în fier, rezistenţa raportată la stator a rotorului; X_1 X_0, X_2 – reactanţa de scăpări statorică, reactanţa de magnetizare, reactanţa de scăpări rotorică raportată la stator; Z_1, Z_0, Z_2 – impedanţele corespunzătoare; S – alunecarea motorului; V_f – tensiunea de fază; V_n – tensiunea nominală dintre faze.

În figura 1 este reprezentată schema echivalentă a unui motor asincron cu două înfăşurări statorice paralele.

În cazul pornirii $s = 1$ şi deci $\frac{R_2'}{s} = R_2'$, aşa încît $\bar{Z}_2' = R_2' + J\,X_2'$.

În general, la pornire se poate admite [1] în mod aproximativ:

$$\bar{Z}_1 \approx \bar{Z}_2', \tag{1}$$

deci şi

$$R_1 + JX_1 \approx R_2' + J\,X_2'.$$

Rezultă că:

$$R_1 \approx R_2 \text{ şi } X_1 \approx X_2'. \tag{2}$$

La pornirea directă, cu ambele înfăşurări statorice în paralel (contactoarele K_1, K_2 închise), dacă se ţine seamă de relaţia (1) şi de faptul că $|\bar{Z}_0|$ este neglijabil ($\bar{Z}_0 \gg \bar{Z}_2$), curentul de pornire va fi dat de relaţia:

$$\bar{I}_p = \frac{\bar{U}_l}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2'} = \frac{\bar{U}_l}{2\bar{Z}_1}. \tag{3}$$

Dacă motorul se porneşte cu o semiînfăşurare (contactorul K_1 închis şi K_2 deschis), curentul de pornire, ţinînd seamă de relaţia (1), va fi:

$$\bar{I}_{pr} = \frac{\bar{U}_f}{2\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2'} = \frac{\bar{U}_f}{3\bar{Z}_1}. \tag{4}$$

Raportul modulelor curenţilor $\bar{I}_{pr}$ şi $\bar{I}_p$, care se notează cu a, este dat de relaţia:

$$a = \frac{|\bar{I}_{pr}|}{|\bar{I}_p|} = \frac{\left|\frac{\bar{U}_f}{3\bar{Z}_1}\right|}{\left|\frac{\bar{U}_f}{2\bar{Z}_1}\right|} = \frac{2}{3} \approx 0{,}67 = 67\,\% \tag{5}$$

şi deci metoda asigură o reducere teoretică a curentului de pornire de 33%, practic de circa 35%.

Cît priveşte momentul M al motorului, el se exprimă [4] astfel:

$$M = \frac{m_1 I_2'^2 \frac{R_2'}{s}}{\omega_1}, \tag{6}$$

în care:

M	este momentul curent (corespunzător alunecării s);
m_1	— numărul de faze în stator;
I_2', R_2'	— curentul şi rezistenţa rotorică raportate la stator;
ω_1	— pulsaţia curentului statoric;
s	— alunecarea.

La pornirea cu amîndouă semiînfăşurările (K_1 şi K_2 închise), M devine M_p, I_2' devine I_p şi s are valoarea 1, deci:

$$M_p = \frac{m_1 I_p^2 R_2'}{\omega_1}. \tag{7}$$

La pornirea numai cu o singură înfăşurare (K_1 închis, K_2 deschis) vom avea $M = M_{pr}$, $I_2' = I_{pr}$ şi $s = 1$, deci:

$$M_{pr} = \frac{m_1 I_{pr}^2 R_2'}{\omega_1}. \tag{8}$$

Dacă se face raportul $\frac{M_{pr}}{M_p}$ şi se ţine seamă de (5), (7) şi (8) se obţine relaţia:

$$\frac{M_{pr}}{M_p} = \left(\frac{I_{pr}}{I_p}\right)^2 = \left(\frac{2}{3}\right)^2 = 0{,}443 \approx 45\,\%. \tag{9}$$

Rezultă, aşadar, că momentul de pornire asigurat de noua metodă este de 45% din cel realizat la conectarea directă la reţea.

Metoda se poate aplica în două variante, şi anume :

— pornirea prin jumătate din înfăşurare;

— pornirea prin două treimi din înfăşurare.

În ambele tipuri de schemă se asigură pornirea automată cu ajutorul releelor de curent sau releelor de timp.

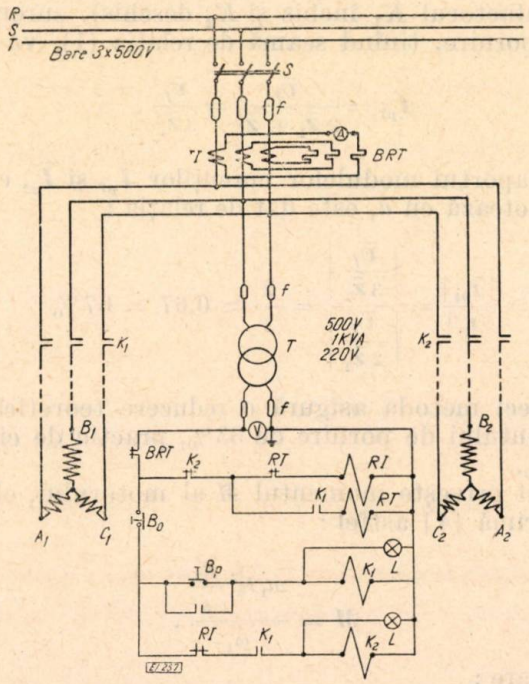


Fig. 2. Aparat de pornire cu înfăşurare parţială utilizînd jumătate de înfăşurare la pornire :

S — separator; *F* — siguranţe; *TI* — transformatoare de intensitate; *A* — ampermetru; *BRT* — bloc de relee termice; K_1, K_2 — contactoare; *f* — siguranţe; *T* — transformator 500/220 V; *V* — voltmetru; *RT* — releu de tip; BpB_0 — butoane de pornire şi oprire; *L* — lampa de semnalizare; *RI* — releu intermediar; $A_1B_1C_1$, $A_2B_2C_2$ — bornele celor două înfăşurări paralele ale statorului.

În figura 2 se dă schema de pornire cu un aparat care utilizează jumătate din înfăşurare. La acest aparat s-a ales varianta de acţionare automată prin releul de tip *RT*. Performanţele realizate de acest aparat se pot rezuma în cele ce urmează :

a) reducerea de curent la pornire este de circa 35% din curentul de pornire realizat prin conectarea directă la reţea, adică la închiderea contactorului K_1 se realizează un curent de aproximativ 65% din curentul de pornire a electromotorului.

Diagrama din figura 3, *b* [2] arată cum variază curentul de pornire la aplicarea schemei din figura 2 pentru un electromotor la care curentul de pornire este de şase ori curentul nominal al electromotorului;

b) reducerea cuplului de pornire este de 55% din acela ce se realizează în pornirea directă, adică se obţine un moment de pornire de 45% din cel obţinut în condiţii de conectare directă la reţea, ceea ce se vede în figura 3, *a* [2].

Diagrama mai arată că în jurul unei viteze de jumătate din aceea de sincronism, cuplul scade destul de mult, ceea ce constituie dezavantajul pornirii cu jumătate din înfăşurare;

c) schema utilizată este de tip cu tranziţie în circuit închis de la trepta de pornire la cea de mers normal. În consecinţă nu se produce nici un şoc de curent la închiderea contactorului K_2;

d) pornirea se realizează automat prin butoane, fie de lîngă aparat, fie de la distanţă. Schema permite şi semnalizarea pornirii automate pe aparat sau şi de la distanţă;

e) protecţia se realizează astfel : la curenţi de scurtcircuit, prin siguranţele *F*; la curenţi de suprasarcină, prin relee termice pe fiecare fază (blocul de relee termice *BRT*); la minimă tensiune, prin faptul că cele două contactoare

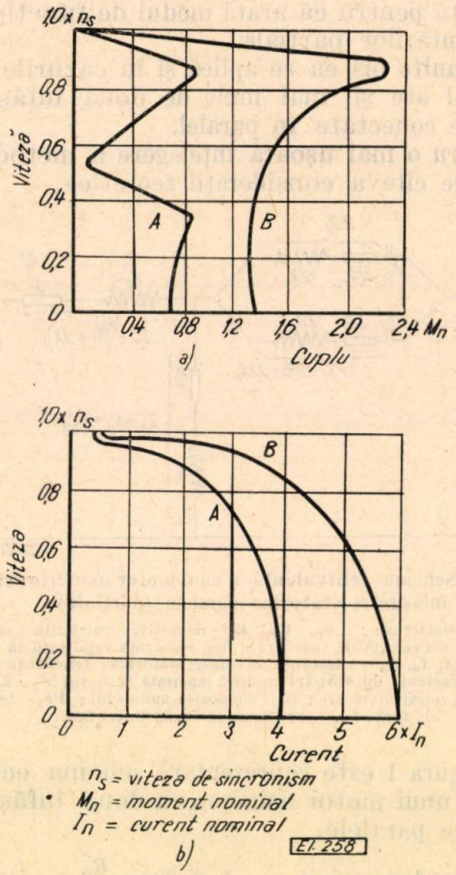


Fig. 3. Caracteristicile de cuplu *a* şi de curent *b* în funcţie de viteză la pornirea automată cu jumătate de înfăşurare :

A — treapta de pornire cu 1/2 înfăşurare; *B* — treapta de mers normal cu toată înfăşurarea în circuit.

K_1 şi K_2 declanşează la o scădere de tensiune cuprinsă între 35 şi 70% din tensiunea nominală;

f) schema utilizează un număr minim de contactoare (două bucăţi);

g) schema nu execută comanda de pornire dacă pe barele de 500 V nu există tensiune;

h) prin faptul că se utilizează două cabluri parcurse de jumătate din curentul nominal

al electromotorului, se poate arăta că, din cauza unei răciri mai bune la secţiuni mici, se face economie de metal neferos, cupru sau aluminiu, faţă de situaţia în care se utilizează un singur cablu pentru transportul întregului curent nominal.

Schema de pornire cu două treimi de înfăşurare, redată în figura 4, a permis şi înlăturarea dezavantajului menţionat la punctul b) al schemei de pornire cu jumătate de înfăşurare. Pentru automatizarea pornirii s-a folosit tot varianta cu releu de tip RT. În această schemă se vede că o dată cu închiderea contactorului K_1 sînt alimentate din prima semiînfăşurare fazele A_1 şi C_1 şi din a doua, fazele B_2 şi C_2, adică două treimi din întreaga înfăşurare. Ca urmare a acestei situaţii, curenţii de pornire pe cele trei faze se încarcă nesimetric. Astfel, pe fazele R şi S curenţii se ridică la 55%, iar pe faza T, la 78% din curentul de pornire realizat la conectarea directă a electromotorului la reţea cu întreaga sa înfăşurare statorică [2]. Media aritmetică a curenţilor este

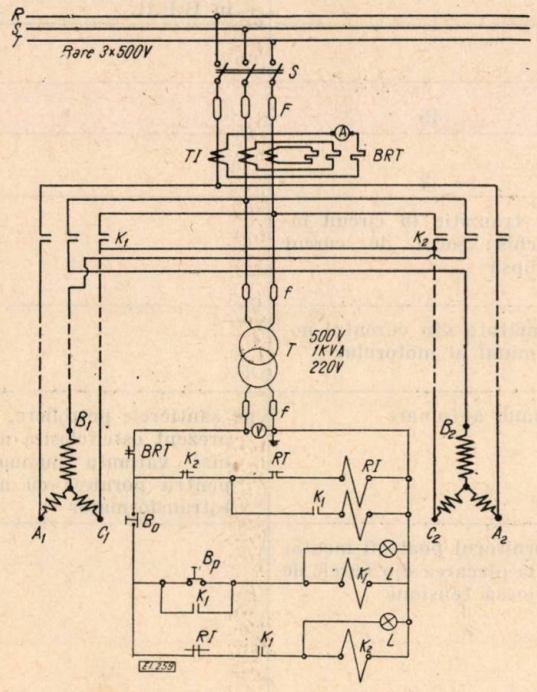


Fig. 4. Aparat de pornire cu înfăşurare parţială utilizînd două treimi din înfăşurare la pornire:

S – separator; F – siguranţe; TI – transformatoare de intensitate; A – ampermetru; RT – bloc de relee termice K_1K_2 – contactoare; f – siguranţe; T – transformator 500/220 V; V – voltmetru; BT – releu de timp; BpB_0 – butoane de pornire şi de oprire; L – lampă de semnalizare; RI – releu intermediar; $A_1B_1C_1$, $A_2B_2C_2$ – bornele celor două înfăşurări paralele ale statorului.

însă de 62,8%, adică chiar mai mică decît cea rezultată la pornirea prin jumătate de înfăşurare (65%). Astfel şi în acest caz variaţia curentului de pornire (fig. 5,*b*) este identică cu cea reprezentată în figura 3,*b* [2].

În cea ce priveşte variaţia cuplului de pornire, ea este mult îmbunătăţită ca formă (fig. 5, *a*[2], iar scăderea cuplului la jumătate din viteza sincronă este acceptabilă. În rest, toate avantajele menţionate la punctele a), c), d), e), f), g), şi h) se menţin şi la acest tip de schemă.

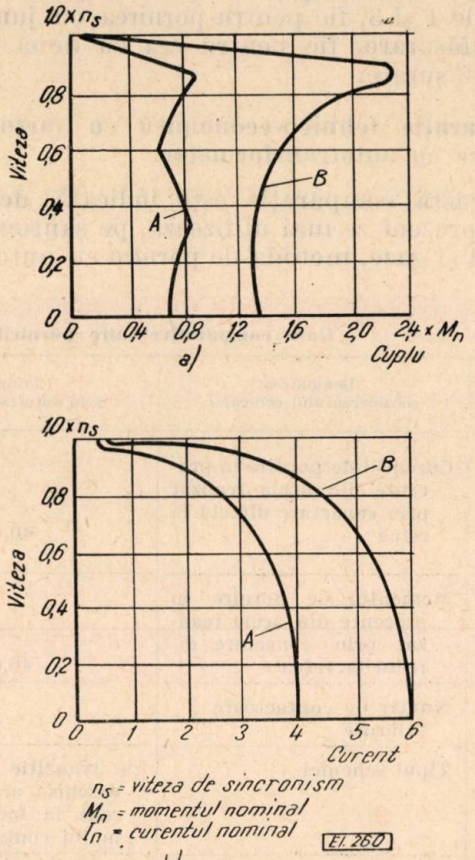


Fig. 5. Caracteristicile cuplului *a* şi curentului *b* în funcţie de viteză la pornirea automată cu 2/3 din înfăşurare:

A – treapta de pornire cu 2/3 din înfăşurare în circuit; *B* – treapta de mers normal cu toată înfăşurarea în circuit.

De aceea, noua metodă aplicată sub această formă răspunde la exigenţele tehnice curente.

Este interesant de ştiut că în S.U.A. standardul NEMA, pentru demaroarele care utilizează noua metodă, prevede cinci mărimi de pornitoare, aşa cum este arătat în tabela 1 [2].

Tabela 1

Demaroare după standardul NEMA, S.U.A.

Mărirea demarorului	Curent de regim, A	Puterea de regim, CP	
		220 V	440/550 V
1 PW	27	15	20
2 PW	45	30	50
3 PW	90	60	100
4 PW	135	100	200
5 PW	270	200	400

Se vede clar că pentru tensiunile 440/550 V, gama de puteri acoperită de cele cinci mărimi de pornitoare este de la 20 la 400 CP sau de

la 14,7 la 295 kW, gamă destul de largă pentru motoarele de joasă tensiune.

De notat că un electromotor cu înfăşurarea în dublă stea sau în dublu triunghi se poate conecta foarte uşor la aparatul prezentat în figurile 1 şi 3, fie pentru pornirea cu jumătate de înfăşurare, fie pentru cea cu două treimi de înfăşurare.

Comparaţie tehnico-economică cu metoda de pornire cu autotransformator

Această comparaţie este indicată deoarece şi în prezent se mai utilizează, pe şantierele de petrol şi gaze, metoda de pornire cu autotransformator, la motoarele de 500 V şi 100, 130, 160, 200 kW, care deservesc staţiile de pompe şi de compresoare. Acţionarea acestor instalaţii se face manual, pornirea automată nefiind încă realizată pe şantiere. Comparaţia tehnică este sintetizată în tabela 2.

Din studiul acestei tabele se vede clar că demaroarele cu semiînfăşurări paralele au performanţe cu mult mai ridicate decît acelea cu autotransformatoare.

În ceea ce priveşte latura economică, problema trebuie privită sub aspectul economiei realizate la nivelul demarorului propriu-zis şi al instalaţiei echipată cu asemenea demaroare.

Tabela 2

Date comparative între pornirile cu autotransformator şi cu semiînfăşurări paralele

Nr. crt.	Denumirea considerentului comparat	Pornirea prin autotransformator	Pornirea prin semiînfăşurări paralele	Observaţii
1	Curentul de pornire în procente din acela realizat prin conectare directă la reţea	40,6	63	raportul de transformare maxim luat 0,636, ca la majoritatea autotransformatoarelor fabricate în R.P.R.
2	Momentul de pornire în procente din acela realizat prin conectare directă la reţea	40,6	45	
3	Număr de contactoare utilizate	3	2	
4	Tipul schemei	cu tranziţie în circuitul deschis; are şoc de curent la închiderea ultimului contactor	cu tranziţie în circuit închis; şocul de curent lipsă	
5	Curentul pentru care se aleg contactoarele sau aparatele de comutaţie	curentul nominal al motorului	jumătate din curentul nominal al motorului	
6	Felul acţionării	neautomate şi automate	numai automate	pe şantierele petroliere, în prezent este folosită numai varianta manuală pentru pornirea cu autotransformator
7	Locul montării	autotransformatorul poate fi montat numai lîngă motor pentru a nu utiliza cabluri de secţiuni prea mari între acesta şi motor. De aceea el trebuie să fie în ulei la staţia de pompe ţiţei şi compresoare	pornitorul poate fi montat la plecarea din barele de joasă tensiune	
8	Numărul de porniri pe oră	este limitat de autotransformator; cel mult 3 porniri la 4 ore cf. N.I. 3 661 a NEEIE	nu este limitat de aparatura demarorului	
9	Dacă în condiţiile şantierelor de petrol şi gaze instalaţia se poate executa de tip exterior sau interior	numai de tip interior; sînt necesare clădiri şi barăci metalice	se poate executa fie de tip interior, fie de tip exterior	
10	Timpul de pornire	tensiunea de pornire $< Un$; timpul de pornire este mai mare	tensiunea de pornire $= Un$; timpul de pornire este mai mic	

Cu referire la primul aspect, neavînd termene de comparaţie la nivelul aparatajului produs în R.P.R., se dă o diagramă (fig. 6) de comparaţie economică a acestor demaroare

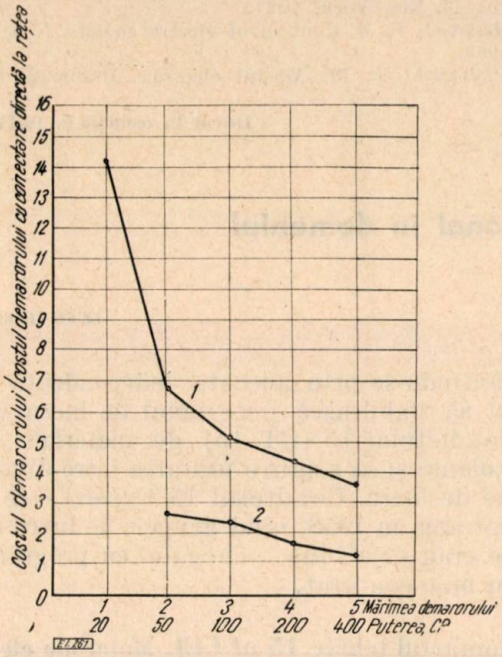


Fig. 6. Comparaţie economică între costul demarorului cu înfăşurări paralele şi cel cu autotransformator :
1 — pornire cu autotransformator ; *2* — pornire cu înfăşurare paralelă.

fabricate în S.U.A. [2]. Menţionăm că această comparaţie s-a făcut pentru demaroare cu funcţionare automată.

Se vede, deci, că demaroarele cu autotransformator costă mai scump decît cele care utilizează noua metodă, factorul de scumpire fiind de circa 2,5 pentru demaroarele de 440/550 V şi de 50—400 CP.

Cifra este elocventă, aşa încît orice comentariu este de prisos.

Examinînd cel de-al doilea aspect al laturii economice se constată că, prin introducerea noii metode pentru acţionarea electrică a staţiilor de pompe pentru ţiţei sau apă şi de compresoare de gaze, vor dispărea o serie de construcţii care se execută în prezent. Astfel, nu se vor mai construi : casa distribuitorului de joasă tensiune, barăcile metalice pentru adăpostirea autotransformatoarelor, instalaţiile electrice din aceste barăci etc.

În concluzie vor apărea efecte economice destul de apreciabile şi din acest punct de vedere, aşa încît economia pe instalaţia de forţă va creşte sensibil.

Cum se va aplica noua metodă pe şantierele de petrol şi gaze

Schema care se va utiliza pentru demarajul electromotoarelor va fi aceea care întrebuinţează două treimi din înfăşurare (fig. 4).

Toate elementele de schemă vor fi de fabricaţie autohtonă. Acestea se vor monta în cabine de tip exterior de 1 kV, cu bare interioare proiectate de TEP Cîmpina în anul 1964,care, asamblate unele cu altele, vor constitui chiar distribuitorul de joasă tensiune (0,5 kV) al unui post de transformare cu mai multe transformatoare deservind o staţie de pompe pentru ţiţei sau apă sau de compresoare de gaze.

Cabinele vor fi prevăzute cu pod izolant rabatabil şi blocaj electric, care să nu permită deschiderea separatorului S sub sarcină.

De asemenea, instalaţia din cabină va face posibile, din cabină, şi de la distanţă, următoarele :

— pornirea şi oprirea instalaţiei ;
— semnalizarea pornirii şi opririi ;
— măsurarea curentului absorbit şi a tensiunii la bare.

Acest montaj va permite şi utilizarea individuală a cabinei acolo unde nevoile o vor cere, ca de exemplu pentru demarajul electromotoarelor de putere de peste 80 kW şi unde reţeaua de joasă tensiune nu face posibilă pornirea directă a electromotoarelor.

În ceea ce priveşte adaptarea electromotoarelor asincrone în scurtcircuit la noua metodă de pornire se constată că electromotoarele, începînd de la puteri de cîteva zeci de kW, se fac cu cel puţin două căi de curent dispuse în paralel.

Astfel, cum aproape toate motoarele au 6 borne corespunzînd la cele 6 capete ale celor 3 înfăşurări de fază, este foarte uşor ca printr-o simplă modificare la nivelul acestor borne să se realizeze conexiunea dublă stea sau dublu triunghi.

Vor fi scoase deci la cutia de borne capetele A_1 B_1 C_1 şi A_2 B_2 C_2, indiferent dacă semiînfăşurările sînt conectate în stea sau triunghi.

În caz că se doreşte pornirea pe autotransformator sau reactanţă inductivă sau chiar prin conectare directă la reţea, bornele indicate se vor scurtcircuita, două cîte două, A_1 cu A_2, B_1 cu B_2 şi C_1 cu C_2, fazele R S şi T conectîndu-se respectiv la aceste 3 grupuri de borne.

Concluzii

Datorită caracteristicilor favorabile tehnico-economice, metoda de pornire a electromotoarelor asincrone de joasă tensiune cu rotorul în scurtcircuit prin semiînfăşurări paralele se recomandă să se extindă pe şantierele de petrol şi gaze pentru gama de puteri de la 80 kW la 200 kW.

Utilizarea cea mai raţională a noii metode de pornire în şantierele de petrol şi gaze se va face la acţionarea electrică a staţiilor de pompe pentru ţiţei şi pompe de apă şi la staţiile de compresoare de gaze.

Aplicarea acestei metode va duce la automatizarea pornirii electromotoarelor indicate, la creșterea productivității muncii la executarea instalațiilor de forță de acest gen, la siguranța și ușurința în exploatare, precum și alte avantaje ale tehnicii noi în materie de acționări electrice.

De asemenea, ea va contribui în ultimă analiză și la scăderea prețului de cost al procesului tehnologic deservit.

Bibliografie

[1] *Siromiatnicov, I. A.* Regimurile de funcționare a motoarelor asincrone. București, Editura tehnică, 1952.
[2] *Neumann, G. W.* Magnetic control of industrial motors, vol. II. New York, 1961.
[3] *Harwood, P. B.* Control of electric motors. New York, 1963.
[4] *Piotrovschi, L. M.* Mașini electrice. București, E.S.E.

Intrat în redacție la 10.IV.1965

Activitatea de standardizare pe plan internațional în domeniul materialelor electroizolante

Cristina Popescu și Cecilia Lefter * — București

CZ 621.315.61 : 389.6

1. Necesitatea coordonării pe plan internațional a activității de standardizare în domeniul materialelor electroizolante

În domeniul materialelor electroizolante, poate mai mult decît în alte domenii, s-a făcut simțită încă de acum 20 de ani, adică după ultimul război mondial, necesitatea coordonării pe plan internațional a activității de standardizare privind, pe de o parte, clasificarea acestor materiale, iar, pe de altă parte — tocmai în legătură cu această clasificare — standardizarea metodelor de determinare a caracteristicilor acestor materiale.

Aceasta, întrucît dezvoltarea rapidă a industriei chimice în numeroase țări, cu apariția de noi și noi materiale electroizolante sintetice cu proprietăți deosebit de interesante pentru industria electrotehnică și care promiteau posibilitatea fabricării de mașini și aparate electrice cu performanțe superioare, a pus problema alegerii materialelor potrivite unui anumit scop — funcționare în condiții speciale de temperatură sau umiditate, în condiții de climă tropicală etc. — dintr-un noian de materiale cu denumiri comerciale diferite, unele cu proprietăți asemănătoare.

Pentru a putea compara între ele toate aceste materiale noi, precum și cu materialele clasice utilizate de mai multe zeci de ani, cu performanțe verificate în cursul exploatării lor îndelungate, luînd în considerare și reluarea relațiilor comerciale între diverse țări, a apărut necesitatea coordonării pe plan internațional a normelor privind încercările și clasificarea materialelor electroizolante.

Toate aceste preocupări duc la crearea în cadrul Comisiei Electrotehnice Internaționale (CEI) a Comitetului 15 Experți (CT 15 Exp.), în 1951 (Estoril—Portugalia) [4]. Acest comitet, constituit pe bază de experți recunoscuți, și nu din reprezentanți ai comitetelor naționale (garantîndu-se prin aceasta independența lui), urma să stabilească programul de lucru viitor al Comitetului 15 (CT 15) de materiale electroizolante și să asigure unitatea între diversele grupe de lucru. Comitetul 15 Experți este desființat abia în 1958, cînd grupele de lucru existente erau deja bine închegate, cu program de lucru bine conturat.

2. Comitetul tehnic 15 al CEI. Materiale electroizolante. Organizarea în prezent

2.1. *Linia generală de dezvoltare*

Încă din 1950 s-a pus comitetelor naționale problema liniei generale de activitate a Comitetului 15, și anume dacă urmează să se pună la punct metode generale de încercare sau să se elaboreze reguli referitoare la anumite materiale [1].

S-a ales prima linie de dezvoltare, programul Comitetului 15 pînă în prezent constînd în elaborarea unor metode de încercare pentru determinarea anumitor caracteristici, împărțite pe grupe de lucru.

2.2. *Grupe de lucru*

Începută după război, cu cîteva grupe doar, activitatea Comitetului 15 se desfășoară astăzi în cadrul a 11 grupe de lucru, și anume :

Grupa 1 : Rigiditate dielectrică.
Grupa 2 : Rezistivitate de volum (transversală) și de suprafață. Rezistență de izolație.
Grupa 3 : Curenți de scurgere pe suprafață.
Grupa 4 : Rezistența la tensiune sub acțiunea descărcărilor prin ionizare.
Grupa 5 : Enciclopedia.
Grupa 6 : Factor de pierderi și constantă dielectrică.
Grupa 7 : Proprietățile termice ale materialelor electroizolante.
Grupa 8 : Influența radiațiilor asupra materialelor electroizolante.
Grupa 9 : Legături cu exteriorul (cu celelalte comitete CEI, precum și cu alte comitete

* Ing. *Cristina Popescu* este conferențiar la Institutul politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej" din București, iar ing. Cecilia Lefter este asistentă la același institut.

ale unor organizații internaționale interesate în problemele de materiale electroizolante).

Grupa 10: Coroziunea electrolitică.

Grupa 11: Comportarea materialelor electroizolante supuse la importante contaminări (în special pentru folosire în exterior).

Ca urmare a colaborării internaționale, prin lucrările desfășurate în reuniunile [2], [3], [4], [5], [7], [8], [9] de la Schveningen (1952), Opatija (1953), Philadelphia (1954), München (1956), Stockholm (1958), New Delhi (1960), Veneția (1963) și Praga (1964), precum și în intervalele dintre ele, s-au epuizat o serie de teme propuse inițial spre studiu și, o dată cu ele, rațiunea de a exista a unor grupe de lucru. Împărțirea actuală s-a dovedit a nu mai fi corespunzătoare. Comitetul 15 stă astăzi, în preajma ședinței din 1965 de la Tokio, în pragul unei complete reorganizări. Asupra reorganizării, precum și a programului de lucru viitor al Comitetului 15, se va reveni în continuare, după ce se va analiza activitatea desfășurată în perioada 1950—1965.

3. Activitatea Comitetului tehnic 15 pînă în prezent

3.1. *Grupa de lucru 1. Rigiditate dielectrică*

Grupa de lucru 1 s-a ocupat cu stabilirea metodelor de încercare a rigidității dielectrice a materialelor izolante la frecvență industrială. După ce s-au studiat cîteva metode de încercare, în baza discuțiilor purtate la New Delhi, s-a trecut la elaborarea unui document care, cu ultimele modificări aduse la Veneția, a fost difuzat spre aprobare comitetelor naționale conform regulii celor 6 luni [10].

Documentul menționat se referă la încercarea rigidității dielectrice a materialelor solide la frecvența de 40-62 Hz, indicînd detaliat condițiile de încercare, aparatura, electrozii și epruvetele pentru materiale de diverse forme, precum și modul de aplicare a tensiunii.

Alte probleme, ca: determinarea electrozilor optimi pentru încercarea de rigiditate dielectrică în lungul straturilor, măsurarea punctului de plecare a ionizării înaintea perforării, sau metodele pentru încercarea rigidității dielectrice a mai multor epruvete simultan, propuse la Veneția [8], nu s-au luat în studiu, așteptîndu-se să ia ființă noua organizare a Comitetului 15.

3.2. *Grupa de lucru 2. Rezistivități*

Pînă în prezent, grupa de lucru 2 a elaborat două publicații: Publicația 93 (1958), referitoare la metodele recomandate pentru măsurarea rezistivităților transversale și superficiale ale unui material electroizolant [11] și Publicația 167 (1964), referitoare la metodele de încercare pentru determinarea rezistenței de izolație a materialelor izolante solide [12].

Ultimele lucrări ale grupei 2 se referă:

a) la celulele pentru măsurarea rezistivității lichidelor izolante [13];

b) la problema condiționării înainte și după încercare a materialelor izolante solide [14].

În ce privește proiectul referitor la celulele pentru lichide, se atrage atenția asupra principiilor de bază ce trebuie respectate la concepția celulelor, și se dau exemple de celule cu 3 și cu 2 borne, insistîndu-se asupra pregătirii lor în vederea încercării.

Proiectul referitor la condiționare, după ce arată marea importanță a condiționării și dă cîteva definiții de bază, indică, în tabele, temperaturile și umiditățile relative normale (sau imersiunea în lichid) pentru încercări și condiționare. Se dau, de asemenea, duratele recomandate pentru precondiționare și condiționare.

Ambele documente, cu ultimele modificări aduse la Veneția, sînt supuse spre aprobare comitetelor naționale, conform regulii celor 6 luni.

3.3. *Grupa de lucru 3. Curenți de scurgere pe suprafață*

După elaborarea Publicației 112 (1959) [15], referitoare la metoda recomandată pentru determinarea indicelui de rezistență la curenții de scurgere pe suprafață a materialelor solide, în condiții de umiditate, grupa de lucru 3 a fost pusă în situația de a lucra la o revizuire a acesteia sau la un eventual apendice la publicație, pentru a diminua dispersia rezultatelor încercărilor și a asigura o mai bună reproductibilitate a acestora [16]. Sînt interesante observațiile Comitetului S.U.A., care atrage atenția asupra faptului că încercările recomandate de CEI nu sînt suficiente pentru a permite aprecierea materialelor mai rezistente la scurgeri ce există în prezent, recomandînd alte metode [17].

3.4. *Grupa de lucru 4. Ionizare*

Fiind vorba de încercări de un tip cu totul nou, încercări ale rezistenței la tensiune ale materialelor electroizolante sub acțiunea descărcărilor prin ionizare, lucrările grupei 4 au înaintat mai greu. Înainte de New Delhi s-a difuzat un prim document [18], constituind o dare de seamă asupra progreselor făcute. În acest document se indică două metode de încercare: prima măsoară timpul pînă la străpungere, cînd, în anumite condiții, se aplică unor mostre de materiale electroizolante o anumită tensiune, determinîndu-se o rezistență comparativă la descărcări; cealaltă măsoară pierderea de greutate după supunerea mostrelor de materiale electroizolante timp de 100 h la descărcări în anumite condiții, determinîndu-se și valoarea tensiunii de străpungere înainte și după încercare.

Cercetările au continuat asiduu; încercări s-au executat în laboratoarele din 11 țări [8], rezul-

tatele fiind analizate în cîteva întîlniri suplimentare ale grupei de lucru 4, așa încît în prezent se lucrează la definitivarea unui proiect pentru metoda de determinare a rezistenței materialelor electroizolante la descărcări superficiale, pe lîngă un alt document, mai general, rezumînd cercetările făcute în diferite țări în acest domeniu [9].

3.5. *Grupa de lucru 5. Enciclopedia*

Constituită în 1954 la Philadelphia, la propunerea Comitetului elvețian (CES), cu toată opoziția Comitetului național englez, care susținea că lucrările ei nu pot fi continuate în cadrul CEI, nefiind lucrări propriu-zise de standardizare, grupa de lucru 5, cunoscută sub denumirea de Enciclopedie, și-a luat drept sarcină problema clasificării materialelor electroizolante pe baza unor criterii care să permită constructorului de mașini și de aparate să-și aleagă în timp cît mai scurt materialele cele mai potrivite scopului său. Sub egida CEI, în 1958 apare ediția provizorie a Enciclopediei, editată de CES [19], cuprinzînd 27 de tablouri sinoptice sau fișe de caracterizare ale grupelor de materiale corespunzătoare clasificării adoptate. Lucrarea se bucură de mare succes, constituind un îndreptar util pentru inginerii electricieni.

Tot în 1958, la Stockholm, se stabilește elaborarea unor prototipuri de monografii, care să cuprindă date mai amănunțite asupra materialelor din diferitele grupe. După prezentarea la New Delhi a unor astfel de prototipuri, în ianuarie 1962, se stabilește o împărțire a monografiilor pe țări, iar la Veneția se prezintă chiar două monografii tipărite, redactate tot de către CES, una privitoare la materiale izolante și alta, la emailuri pentru conductoare [20], [21], acestea urmînd a servi drept model pentru monografiile următoare. La ultima ședință de la Praga se constată însă că stadiul lucrărilor nu a mai avansat.

3.6. *Grupa de lucru 6. Factor de pierderi și constantă dielectrică*

Grupa de lucru 6 s-a ocupat de stabilirea metodei de determinare a permitivității și a tangentei unghiului de pierderi a materialelor electroizolante la frecvențe între 50 Hz și 300 MHz. Proiectul de metodă [22], supus aprobării comitetelor naționale conform regulii celor 6 luni, dă indicații cu privire la forma epruvetelor și a dispozitivelor de electrozi, a materialului electrozilor și a metodei de măsură. Se dau, de asemenea, îndrumări asupra modului de alegere a electrozilor celor mai convenabili și a preciziei probabile a diverselor metode de măsură.

În prezent grupa de lucru se ocupă de metodele de măsură în domeniul frecvențelor înalte (1000 MHz)[23].

3.7. *Grupa de lucru 7. Stabilitate termică*

Grupa de lucru este înființată la Philadelphia în 1954, la o propunere a comitetului S.U.A., care, constatînd că împărțirea în clase de izolație, după compoziție chimică, nu mai este corespunzătoare, ridică problema metodelor de încercare pentru aprecierea stabilității termice a materialelor electroizolante.

Lucrările grupei fiind de un deosebit interes, activitatea grupei 7 s-a desfășurat într-un ritm susținut, ajungîndu-se, în prezent, la stadiul de publicație (sub tipar) pentru „metoda de încercare a stabilității termice a firelor emailate" [24], aprecierea făcîndu-se pe baza scăderii rigidității dielectrice, precum și pentru un „ghid general pentru elaborarea de metode de încercare pentru aprecierea stabilității termice a materialelor electroizolante" [25].

În prezent se lucrează la stabilirea unei metode de apreciere a proprietăților termice ale lacurilor electroizolante cu ajutorul unor bobine elicoidale impregnate în lacul respectiv, prin măsurarea rezistenței la rupere, înainte și după îmbătrînire, în condiții date [26].

Deosebit de interesante sînt, de asemenea, discuțiile generale purtate în cadrul acestei grupe cu privire la caracteristicile termice ale materialelor electroizolante [27], [28]. Grupa de lucru 7 propune să se separe clasificarea, după temperatură, *a materialelor izolante, ca atare*, de cea a *sistemelor de izolație*.

Pentru materialele izolante se propune să se determine *un indice termic*, care să arate temperatura la care se atinge o durată de viață în condițiile de îmbătrînire și încercare specificate de metoda respectivă. Pentru anumite materiale la care nu s-a pus la punct o metodă de încercare, se poate atribui un indice termic pe baza compoziției chimice sau a experienței acumulate în laboratoare sau în exploatare.

Pentru sisteme de izolație, determinarea stabilității termice se va face fie prin încercări pe echipamente întregi sau pe modele (încercări funcționale), fie pe baza experienței din exploatare și nu pe baza stabilității termice a materialelor izolante componente.

Grupa de lucru 7 ar trebui să se ocupe de ambele tipuri de încercări, la cele din urmă în colaborare cu comitetele tehnice de specialitate pentru echipamentele ce folosesc sistemele de izolație respective. Acestea din urmă se vor ocupa și de clasificarea sistemelor de izolație folosite de ele.

3.8. *Grupa de lucru 8. Influența radiațiilor*

Lucrările grupei 8 au început abia în 1961, cu definiția naturii și a caracteristicilor diferitelor surse de radiații, precum și cu încercări de determinare a influenței radiațiilor asupra proprietăților electrice și mecanice ale materialelor

electroizolante. În prezent, lucrările grupei se desfășoară în 4 direcții [9]:

a) măsurarea radiațiilor prin dozarea cantitativă și prin măsurări de intensitate;

b) calcularea legăturii între unitatea röntgen și rad;

c) studiul degradării permanente a materialelor izolante, din punct de vedere mecanic și electric, ca efect al radiațiilor;

d) studiul proprietăților materialelor izolante în timpul iradierii.

Documentele ce urmează a fi difuzate comitetelor naționale sînt într-un stadiu avansat.

3.9. *Grupa de lucru 9. Legături cu exteriorul*

Grupa de lucru 9 a avut ca sarcină să mențină o strînsă legătură cu comitetele de studiu ale Organizației Internaționale de Standardizare (ISO) și să examineze diferitele documente elaborate de acestea, încercînd să le adapteze sau să extindă pe cît posibil metodele lor de încercare a materialelor electroizolante [9].

Este cazul să amintim aici strînsa colaborare a Comitetului tehnic 15 cu celelalte comitete CEI, înrudite:

— Comitetul 10, Uleiuri izolante, de curînd [9] transformat în Comitet de studiu pentru gaze și lichide electroizolante, în sarcina Comitetului tehnic 15 rămînînd doar materialele solide.

— Subcomitetul 2 C, Clasificarea materialelor electroizolante, de pe lîngă Comitetul tehnic 2, Mașini electrice.

— Comitetul 55, Conductoare de bobinaj și altele.

3.10. *Grupa de lucru 10. Coroziunea electrolitică*

După examinarea diferitelor metode folosite în S.U.A., Anglia, Olanda și Germania, pentru determinarea coroziunii electrolitice în prezența materialelor electroizolante, s-a trecut la elaborarea unui document [29] care, cu ultimele modificări aduse la Praga, urmează a fi difuzat comitetelor naționale pentru aprobare, conform regulii celor 6 luni. Documentul conține o metodă vizuală semicantitativă și, în anexă, o metodă cantitativă folosind măsurări de rezistență la tracțiune ale unui fir de cupru supus coroziunii electrolitice în prezența unor materiale electroizolante. Nu se cunoaște gradul de eficacitate al fiecărei metode pentru aprecierea materialelor electroizolante, dar această comparație ar fi foarte utilă.

3.11. *Grupa de lucru 11*

Grupa de lucru 11, constituită în urma ședinței de la Veneția, nu și-a început încă activitatea.

3.12. *Bilanțul general de activitate a Comitetului tehnic 15 pînă la ședința de la Tokio*

De la crearea lui și pînă astăzi, de la tatonările cu privire la programul de lucru viitor și pînă astăzi, calea parcursă de Comitetul tehnic 15 este demnă de luat în considerație.

În tabela 1 este centralizată activitatea Comitetului tehnic 15 în perioada menționată, neincluzîndu-se decît lucrările la care s-a ajuns în faza de redactare a unui document de secretariat, nu și problemele încă în studiu.

Este interesant de remarcat că în această perioadă s-au tipărit sau sînt sub tipar șase publicații, patru documente ale Biroului Central circulă spre aprobarea comitetelor naționale, conform regulii celor 6 luni, pe lîngă alte multe documente în stare destul de avansată.

4. Organizarea viitoare a Comitetului tehnic 15

4.1. *Includerea în programul de lucru viitor a specificațiilor pentru materialele electroizolante*

La Veneția, în 1963, se discută mult problema includerii în programul de lucrări viitoare ale Comitetului tehnic 15 a elaborării de specificații pentru materialele electroizolante, problemă ridicată, după cum s-a mai amintit, încă de la începutul activității Comitetului 15. Astfel de lucrări ar permite compararea materialelor izolante pe scară internațională, constituind în același timp o verificare a metodelor de încercare elaborate.

În urma hotărîrii definitive a Comitetului de Acțiune la Aix les Bains în 1964, sfera de activitate a Comitetului 15 se stabilește a fi „studiul general al proprietăților materialelor izolante utilizate în electrotehnică, normalizarea și metodele de încercare normalizate pentru fiecare dintre aceste proprietăți și stabilirea de specificații pentru materialele izolante" [9].

Lucrările de preparare a specificațiilor de materiale au început prin adoptarea unei clasificări a materialelor electroizolante, și anume a celei din Enciclopedie [19]. Pentru început s-a propus elaborarea de specificații pentru țesături lăcuite, lacuri și benzi sensibile la presiune (ca benzi de p.c.v.).

Pentru determinarea proprietăților acestor materiale, dacă nu există metode de încercare aprobate pe scară internațională, se vor elabora de către Comitetul tehnic 15 metode de încercare CEI.

4.2. *Reorganizarea Comitetului tehnic 15*

O dată cu lărgirea sferei de activitate a Comitetului tehnic 15 s-a pus și problema reorganizării lui.

În afară de Comitetul director al grupei, de grupa de lucru „Enciclopedie" și grupa de lucru „Legături cu exteriorul," care se păstrează ca atare, se formează trei subcomitete: Subcomitele A și B vor continua activitatea de a elabora metode de încercare, iar Subcomitetul C va începe lucrările de elaborare de specificații, stimulînd activitatea celorlalte două subcomi-

Tabela 1

Situația lucrărilor Comitetului 15 în perioada 1950—1965

Grupa de lucru	Referința	Obiectul	Situația lucrării
1	Doc. 15 (BC) 36 (septembrie 1964)	rigiditate dielectrică la frecvențe industriale	difuzat pentru aprobare conform regulii celor 6 luni
2	Publicația 93 (1958)	rezistivități transversale și superficiale ale materialelor electroizolante	tipărită
	Publicația 167 (1964)	rezistența de izolație a materialelor electroizolante solide	tipărită
	Doc. 15 (BC) 34 (octombrie 1963)	condiționare	difuzat pentru aprobare conform regulii celor 6 luni
	Doc. 15 (BC) 35 (martie 1964)	celule pentru lichide	difuzat pentru aprobare conform regulii celor 6 luni
3	Publicația 112 (1959)	curenți de scurgere pe suprafață	tipărită
	Doc. 15 (Secretariat) 64 (septembrie 1964)	motive de dispersie la măsurările de scurgeri	document difuzat comitetelor naționale pentru ultimele observații înainte de a fi difuzat pentru aprobare, conform regulii celor 6 luni
4	Doc. 15 (Secretariat) 35 (august 1960)	dare de seamă asupra progreselor făcute în domeniul încercării rezistenței materialelor la ionizare	document difuzat comitetelor naționale
5	Publicația CES sub egida CEI (1958)	enciclopedie	tipărită
	Monografie (1963)	grupa 342 materiale izolante turnate	tipărită
	Monografie (1963)	grupa 533 lacuri pentru fire emailate	tipărită
6	Doc. 15 (BC) 38 (noiembrie 1964)	ε și tg δ la 50 Hz—300 MHz	difuzat pentru aprobare conform regulii celor 6 luni
	Doc. 15 (Secretariat) 46 (aprilie 1962)	ε și tg δ la 1000 MHz	document secretariat aprobat
7	Publicația 172	stabilitatea termică a firelor emailate (partea I)	sub tipar în 1964—1965
	Doc. 15 (BC) 39 (octombrie 1964)	stabilitatea termică a materialelor electroizolante	aprobat în urma votului conform regulii celor 2 luni; urmează a fi tipărit ca publicație CEI
	Doc. 15 (Secretariat) 56 (februarie 1964)	stabilitatea termică a lacurilor	va fi difuzat pentru aprobare conform regulii celor 6 luni
10	Doc. 15 (Secretariat) 58 (iunie 1964)	coroziunea electrolitică	va fi difuzat pentru aprobare conform regulii celor 6 luni

tete pentru stabilirea de noi metode de încercare.

Din Subcomitetul A (încercări de scurtă durată) vor face parte actualele grupe 1, 2, 3, 6, 10 și 11, care se ocupă cu elaborarea de metode de încercare pentru materialele electroizolante și combinații simple de materiale, la care procedeele de încercare au o durată de timp scurtă.

Din Subcomitetul B (încercări de stabilitate) vor face parte actualele grupe 4, 7 și 8, care se ocupă cu elaborarea de metode de încercare pentru materiale electroizolante și combinații simple de materiale, la care durata de timp mare este caracteristica cea mai importantă a încercării. Eventual se vor include în lucrările subcomitetului și anumite încercări de sisteme de izolație.

Subcomitetul C (specificații) se va ocupa cu elaborarea de specificații, elaborînd chiar noi metode de încercare care nu interesează decît un mic grup de materiale.

Cu această nouă organizare, Comitetul tehnic 15 urmează a lua parte la ședința de la

Tokio, din octombrie 1965, unde fiecare subcomitet își va prezenta mai detaliat programul de lucru viitor și organizarea internă.

5. Activitatea Comitetului Electrotehnic Român în domeniul materialelor electroizolante. Concluzii

Membră a Comisiei Electrotehnice Internaționale din 1958 [6], țara noastră și-a dovedit aprecierea față de activitatea CEI prin colaborarea consecventă la lucrările desfășurate de aceasta, fiind chiar gazda reuniunii din 1962.

Activitatea Comitetului Electrotehnic Român (CER) în domeniul materialelor electroizolante se vădește, îndeosebi, în domeniul standardelor de stat de materiale electroizolante care, în majoritate, țin seamă de recomandările CEI. În aceeași direcție trebuie amintită și traducerea, recent începută, a Enciclopediei materialelor izolante, apărută pînă acum doar în limbile franceză, engleză, germană și polonă.

Pentru o mai bună activitate a Comitetului de lucru român de materiale electroizolante, ar fi potrivit să se organizeze comitetul de lucru după modelul Comitetului tehnic 15 CEI, pe subcomitete, cu participarea cît mai largă a specialiștilor, electricieni și chimiști, din producție și institute de cercetări. Aceste subcomitete ar urma nu numai să dea răspunsuri documentelor CEI, ci să și urmărească lucrările desfășurate în direcția respectivă în țară și pe linie de CEI, sintetizînd informațiile culese în comunicări periodice. Astfel de informări, care ar fi de dorit să se facă de către toate comitetele CER, ar urma să fie publicate în revista „Electrotehnica".

Pe această linie sînt informările parțiale publicate în această revistă [30], [31], în legătură cu cele discutate în Comitetele tehnice 24, 28, 37, 42, 31 A la Reuniunea Generală de la Aix les Bains, 1964.

Participarea mai activă la lucrările CEI ar aduce o însemnată contribuție la cunoașterea, încercarea, alegerea și utilizarea în condiții optime a materialelor electroizolante la noi în țară.

Bibliografie

[1] Rapport au Comité de l'ASE sur l'exercice 1950. În: Bull ASE, vol. **42**, nr. 17, 1951, pag. 622.

[2] Commission Électrotechnique Internationale (CEI). Sitzungen in Schveningen vom 3 bis 13 Sept 1952. În: Bull ASE, vol. **43**, nr. 23, 1952, pag. 1946.

[3] Commission Électrotechnique Internationale (CEI). Sitzungen in Opatija vom 22 Juni bis 1 Juli 1953. În: Bull ASE, vol. **44**, nr. 18, 1953, pag. 809.

[4] Commission Électrotechnique Internationale (CEI). Sitzungen in Philadephia vom 1 bis 16 Sept 1954. In: Bull ASE, vol. **45**, nr. 26, 1954, pag. 1133–1137.

[5] Commission Électrotechnique Internationale (CEI). Sitzungen in München vom 26 Juni bis 6 Juli 1956. În: Bull ASE, vol. **47**, nr. 24, 1956, pag. 1098.

[6] Die IEC-Tagung 1958 in Skandinavien. În: ETZ-A, vol **79**, nr. 23, 1958, pag. 917.

[7] Doc. CEI RM67/CE 15, aprilie 1961. Compte rendu de la réunion tenue à la Nouvelle-Delhi du 7 au 11 novembre 1960.

[8] Doc. CEI PV 781/CE 15, octombrie 1963. Procès verbal de la réunion tenue à Venise du 27 au 31 mai 1963.

[9] Doc. CEI PV 866/CE 15, noiembrie 1964. Procès verbal de la réunion tenue à Prague du 19 au 23 octobre 1964.

[10] Doc. CEI 15 (BC) 36, septembrie 1964. Projet. Méthodes normales d'essai de rigidité diélectrique des materiaux isolants aux fréquences industrielles.

[11] Publicația 93 CEI (1958). Méthodes recommandées pour la mesure des résistivités transversales et superficielles d'un matériau isolant électrique.

[12] Publicația 167 CEI (1964). Méthodes d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement des isolants solides.

[13] Doc. CEI 15 (BC) 35, martie 1964. Projet. Cellules recommandées pour la mesure de la résistivité des liquides isolants et téchnique de nettoyage des cellules.

[14] Doc. CEI 15 (BC) 34, octombrie 1963. Projet. Conditions normales recommandées à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides.

[15] Publicația 112 CEI (1959). Méthode recommandée pour déterminer l'indice de résistance au cheminement des matériaux solides dans des conditions humides.

[16] Doc. CEI 15 (Secr.) 64, septembrie 1964. Projet. Méthode recommandée pour déterminer l'indice de résistance au cheminement des matériaux solides dans des conditions humides.

[17] Doc. CEI 15 (S.U.A.) 29, martie 1963. Comments of the US National Committee on Doc. 15 (Secr.) 49. Draft appendix to IEC Publication 112.

[18] Doc. CEI (Secr.) 35, august 1960. Voltage endurance under the action of ionizing discharges, on methods for comparing the resistance of insulation materials to breakdown by discharges.

[19] Encyclopédie des Isolants Électriques. Classification, tableaux synoptiques et feuilles signalétiques, établis par le Comité Électrotechnique Suisse (CES) sous l'égide de la CEI, édition provisoire 1958.

[20] Encyclopédie des Isolants Électriques. Monographies. Groupe 533: Vernis isolants pour l'émaillage des conducteurs électriques. ASE 1963.

[21] Enzyklöpedie der elektrischen Isolierstoffe. Monographie. Gruppe 342: Gehärtete Formpressstücke SEV 1963.

[22] Doc. CEI 15 (BC) 38, noiembrie 1964. Projet. Méthodes recommandées pour la détermination de la permittivité et du facteur de pertes des isolants aux fréquences industrielles, audibles et radioélectriques (y compris VHF).

[23] Doc. CEI 15 (Secr.) 46, aprilie 1962. Projet de méthodes recommandées pour la détermination du pouvoir inducteur spécifique et du facteur de pertes des isolants jusqu'à 1000 Hz.

[24] Publicația 172 CEI. Méthode d'essai pour l'évaluation de la stabilité thermique des fils émaillés. Première partie: évaluation par l'abaissement de la rigidité diélectrique.

[25] Doc. CEI 15 (BC) 39, octombrie 1964. Rapport sur le vote suivant la Procédure des deux mois au sujet de l'approbation du document 15 (BC) 33. Guide pour la préparation de méthode d'essai pour l'évaluation de la stabilité thermique des matériaux isolants électriques.

[26] Doc CEI 15 (Secr.), 56, februarie 1964. Projet de proposition. Évaluation des propriétés thermiques des vernis isolants électriques au moyen de bobine hélicoïdale.

[27] Doc. CEI 15 (Secr.) 54, noiembrie 1964. Proposition concernant les caractéristiques thermiques des matériaux isolants.

[28] Doc. CEI 15 (Sweden) 20, august 1964. Proposal from the Swedish National Committee regarding standardization work on test procedures for insulating systems.

[29] Doc. CEI 15 (Secr.) 58, iunie 1964. Méthodes d'essai pour la détermination de la corrosion électrolytique en présence de matériaux isolants.

[30] Răduleţ, R. Cea de-a 29-a reuniune generală anuală a CEI. Aix les Bains, 19—30 mai 1964. În: Electrotehnica **12**, nr. 8, 1964, pag. 313—314.

[31] Răduleţ, R., Hortopan, Gh. şi Ciofu, V. Din lucrările Comitetelor tehnice CEI la reuniunea 1964 de la Aix les Bains. În: Electrotehnica **12**, nr. 11 1964, pag. 438—442.

Intrat în redacţie la 20.IV.1965

Pentru tînărul inginer

Contribuţii la proiectarea şi construirea de balasturi pentru lămpi fluorescente cu considerente de optim economic *

Alexandru Vasiliu ** — Bucureşti

CZ 621.318.381.001.13 : 621.327.43

Preocupare a serviciilor de proiectare din întreaga ţară, sarcina reducerii consumului specific de metal ne-a determinat să încercăm a realiza noi variante constructive ale aparatajului auxiliar pentru lămpi fluorescente, ale balasturilor.

Varianta constructivă, actualmente în fabricaţie la balasturi, a fost asimilată pe baza licenţei de fabricaţie Philips.

Era interesant de analizat dacă în condiţiile specifice economiei ţării noastre se pot realiza balasturi cu aceleaşi performanţe tehnice şi de aceeaşi calitate, dar la un preţ mai scăzut.

Urmează o scurtă analiză a condiţiilor impuse balasturilor. Destinate a limita curentul descărcării în lampă, balasturile sau bobinele de şoc, cum li se mai spune, funcţionează montate în serie cu lampa.

Realizate practic ca nişte bobine cu miez de fier, balasturilor li se pun următoarele condiţii :

1) la $U = 166$ V, $I = 450$ mA,
U fiind tensiunea la bornele balastului ;
I — curentul prin balast la tensiunea U ;
2) la $U = 220$ V, $I_{max} = 750$ mA,
U, I avînd aceleaşi semnificaţii ca mai sus ;
3) la funcţionarea pe lampă, schema fiind alimentată cu o tensiune cu 10% mai mare (242 V), încălzirea bobinajului să fie mai mică decît 70°C.

Acestea sînt condiţiile principale impuse balastului de 40 W şi pe care varianta constructivă cerută de documentaţia de licenţă le satisface în întregime.

În continuare se va analiza tipul reprezentativ pentru lampa de 40 W.

Se observă deci că în principal este vorba de realizarea practică a unor inductivităţi cu anumite condiţii de liniaritate (1 şi 2) impuse de funcţionarea în serie cu lampa, şi de anumite condiţii de încălzire impuse de necesitatea asigurării unei durate de funcţionare ridicate (10—15 ani).-

Desigur că înainte de a porni un calcul optim economic trebuiau analizate critic aceste condiţii impuse.

Din punct de vedere economic se observă imediat că ar fi avantajos să se realizeze lămpi funcţionînd la tensiuni de arc cît mai mari. Într-adevăr, dacă în varianta actuală distribuţia tensiunilor este cea din figura 1, la pu-

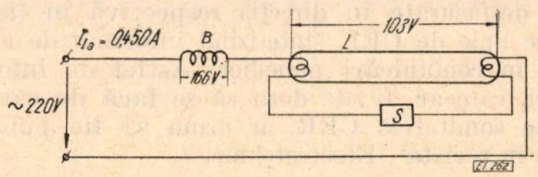


Fig. 1. Schema electrică de montaj a unei lămpi fluorescente tip L.F.A. : B — balast inductiv ; L — lampă fluorescentă.

terea impusă a lămpii de 40 W, ar fi avantajos să se treacă la tensiuni pe lampă mai mari decît 120—140 V şi curenţi mai mici. Aceasta ar avea drept urmare construcţia de balasturi la tensiuni mai mici decît 166 V (deci cu număr de spire şi secţiune de fier mai mică) şi la curenţi mai mici (deci secţiuni de sîrmă de cupru mai mici).

Dar această tendinţă este limitată de necesitatea eliminării efectului deformant al lămpii, astfel că s-a ajuns la concluzia că toate variantele constructive trebuie să satisfacă exact condiţia 1.

În privinţa condiţiei 2, valoarea curentului $I_{max} = 750$ mA era impusă de necesitatea asigurării duratei de 5 000 h lămpii fluorescente. Dacă din punct de vedere economic ar fi fost avantajos ca această valoare să fie cît mai mare, creşterea ei dincolo de valoarea indicată

* Lucrare prezentată în sesiunea de comunicări ştiinţifice a I. I. S. „Electrofar„, noiembrie 1964.

** *Al. Vasiliu* este inginer tehnolog la I. I. S. „Electrofar".

ar fi dus la o uzură prematură a spiralelor şi deci la scurtarea duratei de funcţionare a lămpii.

În privinţa condiţiei de încălzire, ea a trebuit păstrată ca atare, date fiind calităţile materialelor izolante folosite (email, hîrtie de transformator).

În concluzie, se observă că respectîndu-se condiţiile tehnice impuse de licenţă produsului există garanţia realizării unui balast de aceeaşi calitate (durată de funcţionare, regim armonic de funcţionare a lămpii), satisfăcîndu-se totodată şi prescripţiile Comisiei electrotehnice internaţionale (CEI) referitoare la aceste produse, prescripţii avînd caracter de recomandare cu circulaţie internaţională [1].

În continuare se va prezenta modul în care, folosind aceste condiţii impuse, s-a trecut la găsirea unei variante optime din punct de vedere economic.

De la început era clar că realizarea unei inductivităţi cu o liniaritate impusă poate fi făcută folosind cantităţi diferite de cupru şi fier, în sensul că aceeaşi bobină poate fi realizată cu multe spire, deci cupru mult, şi cu o secţiune mică, deci fier puţin, sau invers, cu spire puţine (cupru puţin) şi secţiune mare (fier mult).

Dat fiind faptul că în ţară există un anumit raport între preţul cuprului şi preţul fierului, se poate pune problema găsirii unui astfel de raport între cantitatea de cupru şi cantitatea de fier, încît preţul bobinei să fie minim. Problema este cu atît mai interesantă, cu cît raportul preţurilor pe kilogram de material este foarte diferit în Olanda — ţara furnizorului licenţei — faţă de ţara noastră (0,223 faţă de 0,074), deci aproape de trei ori.

Metodica de calcul folosită, prezentată pentru prima oară de un colectiv de specialişti australieni [2], pleacă tocmai de la premisa că realizarea balastului de preţ minim are loc în momentul realizării bobinei de preţ minim.

Dezavantajele acestei metodici sînt următoarele :

1. formulele de calcul ale inductivităţii neglijează contribuţia reluctanţei de scăpări la calculul reluctanţei echivalente ;
2. metodica foloseşte o aproximare a curbei de magnetizare printr-o expresie analitică ;
3. metodica nu ţine seamă de condiţia de încălzire, fiind necesară o verificare la încălzire a variantelor calculate ;
4. metodica nu ţine seamă de faptul că, din condiţiile de interşanjabilitate impuse balastului, el trebuie să se încadreze în anumite secţiuni de gabarit, în cazul nostru secţiunea fiind 62×44 mm.

Avantajele metodicii sînt următoarele :

1. prezintă un sistem unitar de calcul al circuitului magnetic, eliminînd etapele grafo-analitice şi sistemele cu iteraţie ;
2. permite să se compare rapid între ele un număr mare de variante constructive, alegînd varianta optimă ;
3. metoda poate fi adaptată luînd în considerare forma de undă a curentului prin lampă

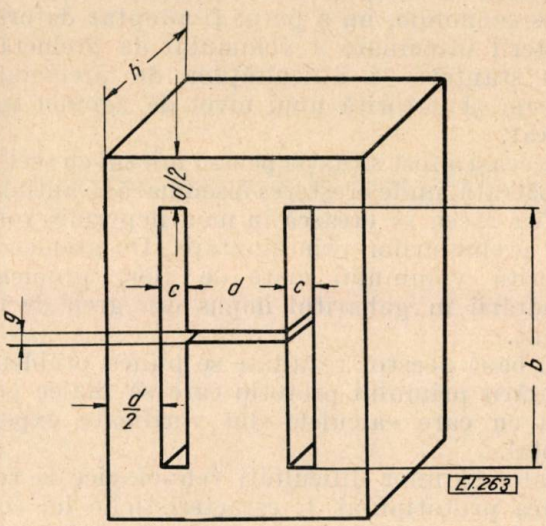


Fig. 2. Miez de fier pentru balasturile lămpilor fluorescente tip în manta

[3], pentru a se ţine seamă de efectul deformant al lămpii, rezultatele calculului fiind astfel apropiate de realitate.

De altfel, după cum rezultă din prezentarea prototipului, se va vedea că dezavantajele menţionate la punctele 1, 2 şi 3 nu au influenţat sensibil rezultatele, în final rămînînd de rezolvat numai problema gabaritului impus.

Variantele calculate au fost :

1. miez de tip manta (fig. 2) ;
2. miez de tip în manta $h = d$ cu secţiune pătrată ;
3. miez de tip în fereastră cu tole de 1 mm (fig. 3) ;

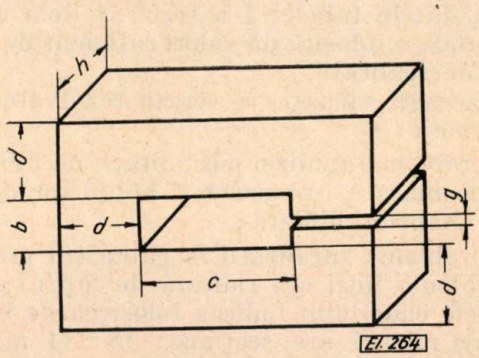


Fig. 3. Miez de fier pentru balasturile lămpilor fluorescente tubulare de tip în fereastră

4. miez de tip în manta cu tola de 0,35 mm.

Analiza rezultatelor a indicat drept optim tipul 1, cu miez în manta şi tole de 1 mm, care prezintă, faţă de tipul după licenţă, o economie

de aproximativ 1 leu/balast, după calculele preliminare.

Miezul tip fereastră prezenta economii mai mici şi complicaţii tehnologice la organizarea fabricaţiei de masă.

Miezul cu tola de 0,35 mm, deşi mai avantajos economic, nu a putut fi adoptat datorită creşterii însemnate a volumului de prelucrare prin ştanţare şi dificultăţilor de prelucrare, precum şi datorită unui nivel de zgomot mai ridicat.

Aceeaşi a fost situaţia pentru miezul cu secţiune pătrată, unde creşterea însemnată a cantităţii de fier făcea să crească în mod nepermis volumul prelucrărilor prin ştanţare. De asemenea, datorită volumului mare de fier, problema încadrării în gabaritul impus era greu de rezolvat.

În baza acestor rezultate se punea problema realizării primului prototip care să indice precizia cu care calculele sînt verificate experimental.

Datorită unor dificultăţi tehnologice la realizarea prototipului 1, caracteristicile lui constructive s-au îndepărtat puţin de datele calculate.

În tabela 1 sînt prezentate comparativ rezultatele calculului şi rezultatele încercărilor prototipului.

după reglajul atent al maşinii s-a constatat că se pot produce carcase cu secţiuni dreptunghiulare. A doua experimentare a verificat posibilitatea executării bobinelor pe maşinile automate de bobinaj. S-a constatat că sînt necesare modificări neesenţiale ale maşinii (schimbarea cuţitelor cu alte cuţite existente de diametru mai mare, schimbarea sistemului de fixare a rolelor de ghidare a sîrmei).

Problema a doua era ceva mai complicată, decurgînd din însăşi metodica de calcul folosită. Într-adevăr, la executarea prototipului s-a constatat că bobina rezultată din calcul nu poate fi încadrată în gabaritul 44×62 mm. La introducerea în casetă şi închiderea ei s-a ajuns la un gabarit de 47×62 mm, gabarit care nu asigura posibilitatea de interşanjabilitate a balastului în corpurile existente. Pentru rezolvarea acestei probleme existau două metode :

a) modificarea metodicii de calcul prin impunerea condiţiei gabaritului obligatoriu şi aflarea noii variante optime economice în aceste condiţii ;

b) îndepărtarea puţin de la soluţia de optim calculată pentru satisfacerea condiţiei de gabarit.

Dată fiind diferenţa mică (3 mm) pentru încadrarea în gabaritul impus, am optat pentru a doua metodă. La aceasta ne-a condus şi faptul

Tabela 1

	d, mm	b, mm	c, mm	h, mm	δ, mm	w, spire	E, V	I, mA	E', V	I', A	θ, °C
Date calculate	17	28	7	41	0,6	974	166	450	220	750	61
Prototip realizat (1)	18	28	10	41	0,5	972	166	456	220	660	69
Prototip realizat (2)	16	26	10,5	41	0,2	920	166	445	220	677	62

Din datele tabelei 1 a rezultat doar faptul că metodica folosită dă valori suficient de apropiate de realitate.

În această situaţie se cereau rezolvate două probleme :

1. problema analizei posibilităţii de fabricare în serie mare a carcaselor şi bobinelor de secţiune dreptunghiulară ;

2. problema încadrării în gabaritul prescris.

Problema întîi era ridicată de faptul că rezultatele calculului indicau folosirea de bobine la care miezul are secţiunea 18×41 mm, în timp ce la fabricaţia de masă asimilată prin licenţă are secţiunea 20×23 mm.

Trebuia analizat dacă maşina de confecţionat carcase şi maşinile de bobinat se pretează la lucrul cu secţiuni dreptunghiulare.

Prima experimentare a fost făcută la maşina de carcase. După confecţionarea dornului şi că prototipul s-a dovedit puţin saturat (la $U = 220$ V, $I = 660$ mA, faţă de 750 mA limita admisă), ceea ce era o indicaţie asupra posibilităţii reducerii secţiunii de fier. S-a conceput şi realizat o matriţă specială experimentală pentru tole E şi F, capabilă să realizeze o mare varietate de profile de tole. Astfel, cu această sculă a fost tăiată o tolă avînd dimensiunile din figura 4.

După cum se vede, în comparaţie cu prototipul 1 din tabelă, construcţia este puţin diferită. Acolo se foloseau tole F întreţesute, aici se folosesc tole E puse cap la cap. În întrefier, pentru reducerea nivelului de zgomot, se introduc răşini etoxilinice speciale.

S-a trecut deci la realizarea prototipului 2, la care rezultatele măsurărilor au fost trecute în tabela 1.

După cum rezultă din aceste date, prototipul 2, satisfăcînd şi condiţia de gabarit impusă, se încadrează în limitele cerute de condiţiile electrice.

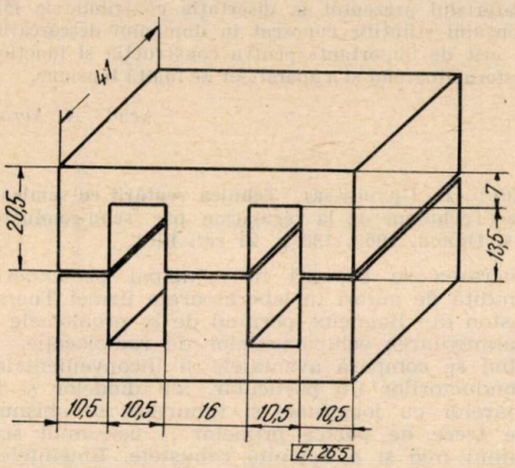


Fig. 4. Miezul de fier propus pentru varianta calculului cu considerente de optim economic,

Se reproduc în cele ce urmează extrase din buletinul 801 al laboratoarelor de măsuri electrice de la uzina „Electrofar", unde a fost încercat prototipul (tabela 2).

Tabela 2

1. *Caracteristici electrice*

	tensiunea de lucru	valori admise	rezultate
a) montaj fără lampă de referinţă (balast alimentat cu tensiunea de lucru)			
I_p, mA	166	433—467	445
I_k, mA	220	maximum 750	677
b) montaj cu lampă de referinţă (fig. 1)			
I_{la}, mA	220	maximum 482	438
W_{la}, W	220	37,5—42,5	38,2
W_B, W	220	maximum 10,0	9,8

(W_{la} este puterea pe lampă ; W_B — pierderi în balast ;
I_p — curentul prin balast ;
I_k — curentul de preîncălzire ;
I_{la} — curentul de regim al lămpii).

2. *Încălzirea bobinei balastului montat în circuit cu lampă fluorescentă de 40 W*

— tensiune de alimentare 1,1 × tensiunea nominală 242 V
— frecvenţa 50 Hz

	valori admise	rezultate
— temperatura bobinei	70°C	62°C

Să trecem acum la analiza rezultatelor economice.

În primul rînd se cere analizată baza de calcul care a dus la această soluţie de optim, şi anume raportul dintre preţul/cm³ de Fe şi de Cu (tolă dinamo 1 mm 1 000 × 2 000 şi sîrmă email Cu, diametrul de 0,35 mm).

Se constată că în perioada 1960—1964 acest raport a variat de la 0,079 la 0,074.

Se constată deci o variaţie mică a acestui raport, iar în al doilea rînd sensul variaţiei este avantajos soluţiilor alese cu cupru puţin.

Din analiza datelor prototipului, cîntărire, calcule de plan de tăiere, a rezultat că pentru fiecare balast se economisesc 23 g sîrmă Cu 0,35 mm, adică 1,82 lei.

Consumul de tablă creşte de la 744 kg foi de tablă 1 000 × 2 000/1 000 buc. balasturi la 814 kg foi de tablă 1 000 × 2 000/100 buc. balasturi, adică 70 g tablă/balast în plus, deci 0,47 lei în plus pe balast.

Aceasta duce la o economie netă de 1,35 lei/balast. Manopera de bobinare nu se scumpeşte, deoarece reducerea vitezei de bobinare este compensată de reducerea numărului de spire, de la 1 400, cît are balastul de licenţă, la 920, cît are prototipul.

De asemenea, manopera de prelucrare a tolelor rămîne practic aceeaşi, deoarece, datorită planului de tăiere modificat şi faptului că tolele sînt mai mici, se poate realiza o sculă care, la o bătaie, să scoată un număr mai mare de tole (4 faţă de 2, cît se scot în prezent).

Sîntem deci în momentul de faţă în situaţia de a trece la fabricarea primei serii de balasturi proiectate pe considerente de optim economic.

Adoptarea acestei variante ar duce, chiar cu actualul plan pe care îl are întreprinderea pentru balasturi, la economii de peste 500 000 lei anual.

Bibliografie

[1] Publicaţia CEI, nr. 82, „Ballasts pour lampes à fluorescence".
[2] *Oddie, T. H.* Minimum Cost Chokes. În : Philips Research Reports, nr. 4, 1947, p. 281—312.
[3] Oscilogramele tuburilor cu luminescenţă. În : Sdelovaci Technika V, nr. 1, 1957.

Intrat în redacţie la 12. III.1965.

RECENZII

V. Zagorni. **Cercetări asupra descărcărilor electrice în ulei.** (Untersuchungen über elektrische Entladungen in Öl). Diss T.U. Berlin, 1963, 90 p,, 52 fig., 18 ref. bibl.

Cercetarea a pornit de la analogia surprinzătoare a curbelor tensiunii de străpungere a spațiilor în aer și ulei, ceea ce presupune o echivalență a fenomenelor de ionizare respective, chiar pentru cazurile în care curbele nu sînt similare. Autorul și-a propus să analizeze experimental comportarea spațiilor în ulei cu electrozi de diferite forme. Numeroasele cercetări anterioare au dus la teorii ce se pot comasa în trei grupuri : a) străpungerea termică (K. W. Wagner) ; b) străpungerea mecanică prin bule de gaze (Koppelmann, Gernant, Gunterschulze); c) străpungerea ionizantă în fază lichidă (Nikuradse), fiecare neexplicînd decît parțial fenomenele observate.

În continuarea cercetărilor anterioare efectuate în același laborator, sub conducerea profesorului R. Strigel, privind desfășurarea spațio-temporală a descărcării în ulei, mai ales a predescărcării în aer, cercetarea s-a axat pe stabilirea mecanismului predescărcărilor în ulei.

Experiențele s-au efectuat într-un vas din plexiglas cu diametrul de 300, respectiv 600 mm, în axul căruia s-a dispus eclatorul vertical, electrodul inferior fiind izolat de pămînt, ceea ce permitea a pune la pămînt și electrodul superior pentru comparații. Tensiunile aplicate au fost de 150 kV, 50 Hz, 230 kV c.c. și 200, respectiv 500 kV impuls normal. În circuitul de înaltă tensiune s-a prevăzut o rezistență de 2,5 MΩ pentru limitarea curentului spre a nu descompune uleiul în cursul seriilor de experimente.

Rezultatele experimentale cuprinse în capitolul 4, se referă la eclatorul vîrf-placă cu tensiune de frecvență industrială (cîmp foarte neomogen, neinfluențat de impurități), la izolatorul suport cu tensiune de frecvență industrială și impuls, cît și la toate acestea cu tensiune continuă. Pentru clasificarea fenomenelor observate s-au întreprins studii teoretice și experimentale suplimentare privind comparația rezultatelor cu ale eclatoarelor în aer, dezvoltarea de canale de descărcare etc. Încercările cu impulsuri de tensiune au fost supuse unei analize statistice pentru stabilirea funcțiilor de repartizare statistică. S-au examinat influența modificării formei electrozilor și amănuntele formării piciorului descărcării pe suprafața electrodului.

În concluzie se stabilește că dispozitivul vîrf-placă prezintă aceeași caracteristică distanță-tensiune în ulei și în aer. La curent continuu, identitatea se stabilea numai dacă conturnarea se dezvolta din descărcări parțiale similare. Anumite forme de descărcare (licăriri) nu apar pe vîrfuri sau pe muchiile electrodului pozitiv sub ulei, ceea ce provoacă o comportare diferită față de aer. De asemenea, dacă la conturnarea de izolatoare suport apar diferențe, acestea se datoresc descărcărilor parțiale diferite. Cercetarea a arătat o anumită ordine în dezvoltarea diferitelor forme de descărcări prealabile în cazul dispozitivului vîrf-placă la frecvență industrială, pe cînd la tensiune continuă curentul crește fără impulsuri pînă la apariția conturnării. Cauzele acestei comportări fiind puternicile sarcini spațiale s-au detaliat cercetările cu tensiuni de impuls, reușindu-se a se obține pentru tije rotunjite o caracteristică îngrădită în toleranțe strînse. S-a emis ipoteza că pe suprafața electrozilor apare stratul dublu de sarcini a lui Helmholtz, care poate influența caracteristica inițială a descărcării. Rezultatele experimentale sînt în concordanță cu această ipoteză. Se mai presupune că străpungerea uleiului la tensiune de frecvență industrială și tensiune continuă se amorsează termic și trece prîntr-o descărcare într-un canal de gaze ionizate. La impuls aceste ipoteze nu se pot aplica.

Lucrarea face parte din seria de cercetări ce se întreprind în multe laboratoare pentru lămurirea naturii intime a descărcărilor electrice. Faptul că fenomenele evoluează în nanosecunde, că descărcările parțiale premergătoare sînt de cel puțin patru feluri diferite, trecerea de la una la alta putîndu-se realiza direct sau prin intermediul altora, că pînă în prezent nu există o teorie unică și general valabilă a descărcării, fac ca lucrările experimentale să nu livreze decît noi date care să servească la elucidarea și la compararea ipotezelor teoretice și la cîștigarea de noi poziții orientative pentru continuarea încercărilor experimentale.

Materialul prezentat în disertație contribuie la lărgirea orizontului științific cunoscut în domeniul descărcărilor în ulei, atît de importante pentru construcția și funcționarea transformatoarelor și a aparatelor de înaltă tensiune.

Acad. *A. Avramescu*

J. Zgud, B. Grabowski. **Tehnica reglării cu semiconductoare** (Technique de la régulation par semi-conducteurs). Paris, Dunod, 1963, 138 p. 21 ref. bibl.

Lucrarea se bazează în principal pe experiența dobîndită de autori în laboratoarele firmei Thomson-Houston din Bagneux, pornind de la problemele puse de alimentarea echipamentelor de radiolocație.

Cînd se compară avantajele și inconvenientele semiconductorilor (în particular, ale diodelor și tranzistoarelor cu joncțiune) și tuburilor, se obișnuiește a se trece de partea primelor : consumul scăzut, volumul mic și o anumită robustețe. Bineînțeles că rămîn și unele inconveniente care se întîlnesc în special în concepția și punerea la punct, în reglarea circuitelor. Este vorba de o complexitate mai mare și de sensibilitatea mai mare la variații de temperatură.

Există un domeniu în care introducerea semiconductorilor a permis obținerea unor ansambluri cu performanțe ridicate, unde supremația lor nu se discută. Este vorba de circuitele de alimentare : redresoare cu diode cu joncțiune ; convertizoare statice tranzistorizate, care înlocuiesc avantajos convertizoarele rotative și vibratoarele ; stabilizatoare și regulatoare de tensiune și curent. Tiratroanele solide apărute în ultimii ani au mărit și mai mult posibilitățile în acest domeniu. Subiectul tratat ar fi putut fi deci vast. În multe subdomenii însă evoluția este departe de a fi terminată și de aceea autorii au selectat și examinat în detaliu numai ceea ce se referă la stabilizarea și reglarea tensiunilor și curenților continui, prin dispozitive semiconductoare.

Lucrarea este împărțită în 7 capitole și cuprinde, la sfîrșit, și o anexă.

Capitolul 1, intitulat „Generalități fizice", cuprinde întîi o introducere largă consacrată examinării caracteristicilor diodelor și tranzistoarelor. S-ar putea obiecta că această problemă face obiectul unor tratate speciale de fizica solidului, dar autorii consideră justificată necesitatea de a se reaminti cititorului unele generalități. Capitolul mai cuprinde și definiția semiconductorului, ca și tratarea problemei conducției electrice în semiconductor.

Capitolul 2, „Joncțiunea simplă" intră ceva mai adînc în caracteristicile generale ale semiconductorilor (diodelor redresoare, diodei Zener) și în problema controlului diodelor.

Tranzistorul și dispozitivele cu electrod de comandă sînt tratate în capitolul 3. Împărțirea capitolului este aceeași ca și a celui precedent : descrierea fizică, a caracteristicilor statice și dinamice ale tranzistorului și expresiei generale între curent și tensiune. Urmează descrierea dispozitivelor cu electrod de comandă și controlul tranzistoarelor.

În capitolul 4 sînt tratate generalitățile asupra circuitelor de stabilizare și reglare și amplificatoarele de curent continuu. Capitolul cuprinde între altele definiții preliminare, formule generale și circuite de referință.

Capitolul de bază al cărții este capitolul 5, intitulat „Analiza structurilor elementare cu comandă directă". El conține următoarele subcapitole, tratînd structurile : sursă stabilizată cu diodă Zener, sursă stabilizată cu diode și tranzistoare de tip balast, sursă

stabilizată de tensiune cu diodă şi tranzistor tip shunt, sursă stabilizată de curent, regulator de tensiune şi regulator de curent.

Răcirea semiconductorilor, problemă foarte importantă din punct de vedere aplicativ, este tratată în capitolul 6. După cîteva generalităţi se expun diferite moduri de transfer al căldurii (cum ar fi efectul Peltier, convecţia, radiaţia) şi se indică modul de dimensionare al radiatorului, cu exemplificări.

Concepţia circuitelor constituie obiectul capitolului 7. Se atacă problema performanţelor intrinseci ale sistemului, probleme relative la sistemele de putere sau tensiuni ridicate şi la performanţele dinamice.

În anexă se dau cîteva interesante aplicaţii practice de regulatoare (tranzistorizate) de tensiune joasă şi înaltă, de curent şi pentru convertizor.

Lucrarea nu conţine probleme privind regulatoarele tranzistorizate de tensiune alternativă, pe care autorii speră să le abordeze într-o viitoare ediţie.

Lucrarea se prezintă la un nivel superior şi, prin exemplele numerice şi numeroasele scheme şi figuri, permite cititorului asimilarea relativ comodă a celor expuse şi de a putea alege soluţia cea mai convenabilă. Astfel concepută, lucrarea va fi foarte utilă atît inginerilor automatişti şi electronişti care concep aparatură tranzistorizată, cît şi celor ce utilizează această aparatură.

F. Stănciulescu

CZ 621.316.925 : 621.315/316

S. CĂLIN şi S. MARCU : **Protecţia prin relee a sistemelor electrice.** Bucureşti, Ed. tehnică, 1965, 466 pag.

După cum se arată în Directivele Congresului al IX-lea al P.C.R. cu privire la valorificarea surselor energetice şi electrificarea ţării în perioada 1966—1975, baza energetică a ţării noastre s-a dezvoltat în ritm susţinut prin realizarea planului de electrificare de 10 ani (1951—1960) şi a Directivelor planului şesenal de dezvoltare a economiei naţionale în anii 1960—1965. În perioada 1951—1965 puterea instalată în centralele electrice a crescut de aproape cinci ori, s-au îmbunătăţit continuu indicii tehnico-economici şi de folosire a capacităţilor de producţie, a fost creat şi dezvoltat sistemul electroenergetic naţional, reţeaua de linii electrice totalizînd peste 95 000 km.

Pe măsura creşterii puterilor instalate, a extinderii reţelelor electrice şi a interconectării sistemelor energetice în proiectarea instalaţiilor de protecţie prin relee trebuie rezolvate probleme din ce în ce mai complexe, pentru îmbunătăţirea continuă a calităţii energiei electrice, prin asigurarea continuităţii în alimentarea consumatorilor. Datorită acestui fapt, în literatura tehnică mondială în ultimii ani a fost acordat un loc important domeniului protecţiei prin relee şi, pe această linie, apariţia lucrării recenzate — de nivel superior — este binevenită.

Lucrarea este împărţită în patru părţi şi cuprinde 14 capitole. În partea întîi (capitolele 1 şi 2) sînt prezentate tipurile de protecţii şi relee şi se expune calculul curenţilor de scurtcircuit, necesar pentru proiectarea protecţiilor.

În continuare se arată aplicarea principiilor ciberneticii în protecţia prin relee, cu operaţiile logice cele mai larg folosite în cadrul protecţiilor. Se insistă asupra tendinţelor moderne în realizarea releelor şi a protecţiilor (relee cu curenţi redresaţi, tranzistoare, traductoare Hall, traductoare Gauss), precum şi asupra celor mai avantajoase scheme pentru compararea amplitudinilor şi controlul defazajelor.

Capitolul 2 este destinat defectelor, regimurilor anormale şi calculului curenţilor de scurtcircuit necesar proiectării protecţiilor. Este expus calculul curenţilor de defect pentru scurtcircuite simetrice şi nesimetrice, fiind prezentate sistemele simetrice ale curenţilor şi tensiunilor, diagramele de variaţie a tensiunilor şi schemele echivalente. Menţionăm că este prima lucrare de protecţie prin relee, care conţine calculul curenţilor de scurtcircuit pentru proiectarea protecţiilor, prezentat de altfel, concentrat într-un singur capitol. Acest fapt constituie un merit al lucrării.

Partea a doua (capitolele 3—7) cuprinde protecţiile echipamentului electric din centrale, din staţii şi de la consumatori.

În capitolul 3 sînt prezentate protecţiile generatoarelor sincrone racordate la bare colectoare. Pe lîngă schemele de principiu sînt expuse şi scheme logice ; la protecţia maximală de curent sînt analizate soluţiile moderne cu filtre de componentă inversă a curentului sau tensiunii. Tot aici este prezentată coordonarea sensibilităţii protecţiilor de pe elemente vecine, atît pentru protecţiile cu filtre, cît şi pentru celelalte. În cadrul protecţiilor diferenţiale este expusă şi o schemă cu traductoare Hall.

În capitolul 4, destinat protecţiei transformatoarelor, este analizată în mod deosebit mărirea sensibilităţii protecţiei diferenţiale prin folosirea releelor cu bobine de frînare, fiind date multe variante interesante de soluţii adaptate în ţara noastră şi în practica mondială.

Capitolele 5, 6 şi 7 cuprind protecţiile blocurilor generator-transformator, ale barelor colectoare şi ale motoarelor electrice asincrone şi sincrone.

Partea a treia (capitolele 8—12) se ocupă de protecţia liniilor electrice.

În capitolul 8 este analizată protecţia liniilor radiale, în cadrul căruia este expus şi modul de stabilire a ipotezei de calcul pentru proiectarea protecţiilor împotriva scurtcircuitelor monofazate, cu considerarea tipului de defect care duce la valoarea cea mai mare a curentului de defect.

În capitolul 9 sînt prezentate releele direcţionale şi proiecţia liniilor cu alimentare bilaterală. Se insistă asupra soluţiei moderne de realizare a releelor direcţionale pentru controlul defazajelor prin intermediul comparării unor amplitudini cu ajutorul releelor cu curenţi redresaţi.

Capitolul 10 tratează protecţia de distanţă. Se analizează comparativ diversele tipuri de caracteristici din punctul de vedere al influenţei rezistenţei arcului şi al comportării la suprasarcini şi la pendulări. Sînt expuse modurile de realizare practică a celor mai utilizate caracteristici.

În acest capitol sînt prezentate şi releele de distanţă elaborate la noi în ţară de prof. C. Penescu : releul de distanţă tranzistorizat cu caracteristică circulară deplasată universală şi releul de distanţă tranzistorizat cu caracteristică eliptică universală. De asemenea, sînt prezentate şi tipurile de relee de distanţă instalate în reţelele ţării noastre (RD7-+, D110, D111, Rd11).

Capitolul 11 cuprinde protecţiile diferenţiale şi comparative ale liniilor, realizate cu conductoare auxiliare, iar în capitolul 12 sînt prezentate protecţiile prin înaltă frecvenţă, cu canale de înaltă frecvenţă prin conductoarele liniei protejate şi cu canale radio.

Partea a patra (capitolele 13—14) este destinată proiectării instalaţiilor de protecţie prin relee.

În capitolul 13 se dau indicaţii privind determinarea regimurilor limită şi calculul curenţilor de scurtcircuit pentru reglarea şi verificarea protecţiilor de bază şi de rezervă ale generatoarelor, transformatoarelor şi reţelelor, precum şi pentru calculul elementelor de blocare împotriva pendulărilor.

Capitolul 14 cuprinde un exemplu amplu de proiectare a instalaţiilor de protecţie prin relee pentru un sistem energetic format din două centrale electrice, trei staţii coborîtoare şi patru linii. Sînt calculaţi curenţii de scurtcircuit trifazat şi monofazat, prezentîndu-se apoi alegerea tipurilor de protecţii, calculul valorilor de reglaj pentru protecţiile rapide şi temporizate, precum şi alegerea releelor.

Întreaga lucrare se remarcă prin sistematizarea unui foarte bogat material, prin rigurozitate ştiinţi-

fică şi claritatea expunerii. Este meritul autorilor care, abordînd un domeniu vast în care la noi în ţară şi pe plan mondial se dezvoltă numeroase cercetări, au reuşit, în cuprinsul unui singur volum, să sintetizeze cele mai noi şi mai bune soluţii, oferind totodată indicaţii deosebit de preţioase atît pentru cei care se ocupă cu cercetarea, cît şi pentru cei care sînt preocupaţi de proiectarea, instalarea şi exploatarea instalaţiilor de protecţie prin relee. Pe lîngă schemele elaborate sau utilizate la noi în ţară, sînt expuse cele mai importante realizări din tehnica mondială în domeniul protecţiei prin relee.

De asemenea trebuie apreciată pozitiv prezentarea amplului exemplu de proiectare, pentru prima dată un asemenea exemplu fiind publicat în literatura tehnică de specialitate.

Lucrarea „Protecţia prin relee a sistemelor electrice" reprezintă un îndrumar preţios pentru inginerii şi tehnicienii care lucrează în proiectarea, instalarea şi exploatarea instalaţiilor de protecţie prin relee, pentru specialiştii cu preocupări în domeniul cercetării şi fabricării aparatajului necesar instalaţiilor de protecţie prin relee, precum şi pentru studenţii secţiilor de specialitate.

Florea Simion

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 621 3.045 : 676.026.2

Beeler, B. **Noua metodă de impregnare „prin picurare" pentru bobinajele maşinilor electrice rotative.** („Träufeln", ein neuzeithches Imprägnierverfahren für elektrische Wicklungen) In : Technische Rundschau, **56**, nr. 25, 1964, 2 fig.

Pentru producţia de mare serie a maşinilor electrice sînt necesare metode tehnologice de mare productivitate şi la operaţiile de impregnare. În acelaşi timp se cer materialelor de impregnare, să aibă pe lîngă calităţi dielectrice ridicate şi caracteristici termomecanice superioare şi la fel rezistenţă sporită la acţiunea agenţilor climatici.

De aceea în ultima vreme în acest scop se folosesc răşinile sintetice termorigide şi, în special, cele epoxidice, cu mare fluiditate. Pentru asigurarea productivităţii corespunzătoare se foloseşte metoda prin „picurare", care constă în : dozarea şi amestecarea răşinii epoxidice cu întăritorul respectiv, picurarea pe partea de capăt a rotoarelor, şi întărirea rotoarelor pe bandă. În afară de superioritatea tehnică a izolaţiei rotoarelor impregnate după această metodă, sînt de relevat şi avantajele economice principale, şi anume : eliminarea izolaţiei suplimentare a conductoarelor cu benzi de mătase şi la fel eliminarea cantităţilor „balast" de materiale de impregnare, ca în cazul metodelor de impregnare prin imersiune. Se descrie o astfel de instalaţie, de mare productivitate, care a fost verificată în exploatare.

A.B.

CZ 621.3.048.1

Raskop, F. **Răşini de turnare termorigide, fără solvenţi, pentru impregnarea bobinajelor maşinilor electrice** (Lösemittelfreie, härtbare Tränkharze haben als Imprägniermittel für die Wicklungen elektrischer Maschinen an Bedeutung zugenommen). In : Elektrische Maschinen **43**, nr. 6, 1964, p. 159—164, 9 fig.

Se prezintă o nouă metodă pentru impregnarea maşinilor electrice de puteri mici şi medii cu răşini epoxidice, fără solvenţi. Aceste răşini epoxidice au caracteristici dielectrice ridicate şi asigură rigidizarea mecanică a bobinajelor. Totodată, datorită conductibilităţii termice ridicate, transmisia căldurii din bobinaje se face mai uşor decît în cazul folosirii lacurilor obişnuite cu solvenţi.

Bobinajele statorice sînt îmbrăcate cu o coroană din tablă de oţel gofrat, nemagnetică, prinsă etanş de corpul maşinii. Bobinajele sînt impregnate sub vid şi operaţiile de întărire sînt continuate în regim termic. Cu acest procedeu se impregnează maşinile electrice destinate a lucra în industria chimică, în instalaţii de irigaţii şi în medii cu climat tropical şi subtropical. Acest sistem de impregnare a fost realizat pentru prima oară în S.U.A. sub denumirea „Epoxylite" şi a fost experimentat la producţii de mare serie. În lucrare sînt prezentate fotografiile principalelor faze ale procesului tehnologic.

A.B.

CZ 621.3.066.6 :621.313.2.047.44

Swinnerton, R. G. şi Turner, M. I. B. **Unele proprietăţi ale suprafeţelor de contact cupru — grafit şi efectele lor asupra comutaţiei maşinilor de c. c. cu bobinaj serie paralel** (Some properties of copper — graphite inter faces and their effects on the commutation of double — lap — wound machines). În : Proc. I.E.E., vol. **112**, nr. 1, ianuarie 1965, p. 189—197, 17 fig.

Rolul pe care-l are oxidarea cuprului la determinarea proprietăţilor suprafeţelor de contact dintre cuplul lamelelor sau a inelelor de contact şi grafitul periilor se arată a fi important. Studiul se complică deoarece în unele părţi, prin frecare, stratul de oxid de cupru este înlăturat şi ulterior, aceste porţiuni se reoxidează. O anumită cantitate de grafit se asociază cu oxidul de cupru şi determină rezistenţa între cele două suprafeţe. Uzura periei negative este mai mare, pentru că sub ea filmul de grafit tinde să devină mai gros şi prin aceasta este mai fragil şi se deslipeşte pe alocurea de materialul de bază formînd băşici. Formarea şi evoluţia băşicilor au fost studiate în detaliu şi descrise. Pentru studiu s-a folosit şi microscopul electronic. Se descriu experienţele efectuate pentru lămurirea fenomenului de marcare alternativă a barelor, fenomen care apare cîteodată în cazul bobinajelor serie paralel. După o primă ipoteză, cauza ar fi diferenţa de grosime a filmului care se poate reproduce în laborator ca urmare a unei disimetrii de curent, dar experimentările ulterioare nu au confirmat ipoteza. Dimpotrivă, se pare că scînteile care rezultă din variaţiile rapide ale curentului sînt cauzele fundamentale ale fenomenului.

H.A.

CZ 621.362 :537.322.1

Hänlein, W. **Elemente de răcire formate din semiconductoare** (Elements de réfrigération formés de semiconducteurs). In : Bull. ASE **55**, nr. 4, 1964, p. 142 — 148, 54 ref. bibl.

Pornind de la manifestările termoelectrice ale corpurilor solide cunoscute, în special, prin efectele Seebeck şi Peltier, se prezintă încercările de utilizare a acestora în tehnică. În acest scop, un număr mare de materiale semiconductoare au fost examinate în ceea ce priveşte posibilitatea lor de folosire în tehnica frigului ; proprietăţi deosebite au prezentat sărurile acidului teluric.

Se descriu pe scurt procedeele de fabricaţie a acestor semiconductoare, insistîndu-se asupra metodelor ce pornesc de la pulberi, procedeele de fuziune, blocurile de răcire realizate în construcţii normale sau speciale. Pentru determinarea debitului frigorific al blocurilor răcitoare se descrie instalaţia de măsură calorimetrică. Dintre aplicaţiile interesante se prezintă aparatul pentru măsura punctului de rouă, care are largi posibilităţi de aplicare în laboratoarele climatice sau de curenţi tari.

F. T

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.1.017.72 : 629.135

Hudsen, C. S. şi Walshaw, M. H. **Metodă nouă de prezentare a datelor de răcire a maşinilor electrice din avioane** (New method of presenting cooling data for aircraft electrical machines). În : Proc. I.E.E., vol. **112**, nr. 1, ianuarie 1965, p. 63—70, 9 fig.

În cazul maşinilor electrice folosite la avioane şi răcite prin curent de aer, debitul minim de aer de răcire, puterea electrică utilă, presiunea aerului la ieşire (care este funcţie de înălţimea la care se află avionul), temperatura aerului la intrare (funcţie de viteza şi altitudinea avionului) şi căderea de presiune la trecerea prin maşină sînt interdependente. Din încercarea performanţelor prototipurilor se obţin date experimentale asupra cantităţilor de mai sus ; aceste date sînt, în general, prezentate grafic sub formă de diagrame.

Se descrie o nouă formă pentru aceste diagrame, constînd dintr-un complex de grafice cu patru componente. S-au derivate cuaţiile transferului de căldură şi ale căderii de presiune a sistemului fizic şi s-au exprimat debitul ca o funcţie a puterii utile, a presiunii şi a temperaturii şi căderea de presiune în funcţie de debit, presiune şi temperatură. Acest mod de prezentare dă posibilitatea să cuprindă întinsele game de presiuni şi temperaturi, care se obţin în maşinile moderne cu mari performanţe folosite în aviaţie. Valabilitatea metodei este arătată prin aplicarea ei la cinci maşini, şi este mai mare decît aceea a metodelor mai simple folosite pînă în prezent.

Metoda nu este limitată la răcirea maşinilor folosite pe avioane ; ea poate avea de multe ori întrebuinţare în industrie.

H.A.

Z 621.313.3.044.7.001.24

Dulkin, A. I. şi Ivanov-Smolenskii, A, I. **Calculul curenţilor în înfăşurarea de amortizare.** În : Elektricestvo, nr. 12, 1964, p. 38—43.

Se arată că neglijarea variaţiei inductanţei proprii a barelor amortizoare, datorită prezenţei crestăturilor la suprafaţa indusului, constituie una dintre sursele principale de erori în calculul inductanţei acestei înfăşurări.

Pentru cazurile cînd inductanţa proprie a conturului de amortizare prezintă o componenţă fundamentală importantă, se propune o nouă formulă de calcul.

În cazul generatoarelor la care pasul înfăşurării de amortizare este apropiat de lăţimea crestăturii indusului, componenţa de frecvenţă dublă, faţă de fundamentală, capătă o valoare importantă şi trebuie luată în considerare la calculul pierderilor în înfăşurarea de amortizare.

V.N.

CZ 621 313.325.077.64

Abilgaard, E. **Compensator de fază sincron reglabil cu tiristoare** (Ruhender regelbarer Synchron — Phasenschieber mit Thyristoren). In : ETZ — A **86**, nr. 1, 1965, p. 1 9, 25 fig.

Se examinează o maşină electrică al cărei cîmp de excitaţie este reglat în trepte pe conturul unei înfăşurări poligonale cu ajutorul unei scheme folosind semiconductoare. Se prezintă amănunţit problemele de comutaţie şi contracţie ale tiristoarelor, forma de undă a curentului reţelei, şi se propun măsuri pentru suprimarea armonicilor produse în curentul indus din cauza fenomenului de comutaţie. Toate observaţiile au fost făcute asupra unui compensator de fază de 20 MVA construit după metoda propusă.

V.L.

CZ 621.314 *Transformatoare*

CX 621.314.211.041.1.003.1

Mikolai Kersic, M. **Forma economică a transformatoarelor de mică putere** (La forme la plus économique des petits transformateurs). În : R.G.E., tom. **73**, nr. 12, 1964, p. 637—640, 4 fig.

Încadrarea problemei se face o dată cu expunerea unor aspecte generale privind transformatoarele de mică putere, şi anume asupra celor folosite în circuitele de semnalizare şi de comandă a instalaţiilor automate. Transformatoarele prezentate în articol sînt monofazate, nu depăşesc 3 MVA la 500 V, nu au instalaţie specială de răcire, sînt dimensionate la o densitate de curent maximum permisă la încălzire. Astfel, se obţin transformatoare cu elasticitate corespunzătoare în exploatare şi cu un preţ de cost redus . Autorul propune unele forme simple de construcţie economică a transformatoarelor de mică putere. Se dau calculul şi schema transformatorului, indicîndu-se diagrame pentru determinarea dimensiunilor optime. Metoda analitică de calcul al performanţelor transformatoarelor în manta este însoţită şi de prezentarea grafică a posibilităţilor de obţinere a principalelor dimensiuni la un preţ de cost minim. Se dau, de asemenea, rezultatele de calcul pentru alte tipuri de transformatoare de mică putere şi se indică atît schema de principiu cu principalele dimensiuni, cît şi diagramele pentru stabilirea formelor optime ale diferitelor piese componente din structura celor patru tipuri de transformatoare studiate. Consideraţiile din articol pot fi folosite fără dificultate la proiectarea şi la construcţia economică a transformatoarelor de mică putere.

A.C.

CZ 621.315.5/6 *Materiale electrotehnice*

CZ 669.245 : 621.3

Herman, H. **Proprietăţile termice şi electrice ale aliajelor speciale de nichel, pentru electrotehnică** (Thermische und elektrische Eigenschaften besonderer Nikel — Legierungen für die Elektrotechnik). In : Bull, ASE **55**, nr. 16, 1964, p. 783—790, 14 fig., 28 ref.

Printre metalele care în ultimii ani şi-au cîştigat un loc important în industria electrotehnică (în domeniul măsurării electrice sau al unor probleme speciale) se numără şi nichelul şi aliajele sale. După descrierea proprietăţilor termice şi electrice ale acestora se arată pe larg (dîndu-se unele exemple) posibilităţile lor de aplicare în electrotehnică a acestor metale. Astfel, în afara construcţiilor de tuburi electronice unde se foloseşte nichelul pur, în domeniul construcţiei de rezistenţe destinate a funcţiona la temperaturi înalte sau medii cu coroziune ridicată, se folosesc aliaje de nichel cu crom, fier etc.

Pentru fiecare material dintre aceste categorii se dau compoziţia, rezistenţa şi greutatea specifică, factorul $\frac{R600}{R200}$ etc. Lucrarea este întregită cu o serie de diagrame şi curbe ridicate pe fiecare dintre aceste aliaje. Datele comunicate de autor dau posibilitatea constructorului de a folosi corect materialele indicate.

Fl. T.

CZ 621.315.616

Fallou, B. **Îmbătrînirea termică a materialelor intrînd în construcţia maşinilor electrice** (Vieillissement thermique des matériaux entrant dans la construction de machines). In : R.G.E. **73**, nr. 4, 1964, p. 248—249.

Studiul îmbătrînirii materialelor izolante are o importanţă deosebită pentru comportarea în exploatare a maşinilor electrice respective.

În lucrare se prezintă studiul la îmbătrînire artificială a patru sorturi de lacuri de impregnare de clasa B. Dintre acestea, un lac este de tip epoxidic, iar celelalte trei sînt pe bază de răşini fenolice. Motoretele respective au fost menţinute timp de 1 500 h la temperatura de 170°C. Rezulta-

tele au fost următoarele : tensiunea de străpungere la motoretele inpregnate în lac epoxidic a scăzut la 70% din valoarea inițială, iar la motoretele impregnate în lacuri fenolice, a scăzut mai mult, pînă la 40%. S-a determinat și subțierea peliculei de lac prin măsurarea pierderii în greutate. La aceleași condiții de îmbătrînire artificială, respectiv menținerea la 170°C timp de 1 500 h, s-a măsurat scăderea în greutate cu 28% la lacul epoxidic, și, respectiv cu 40%, la lacurile fenolice.

De asemenea, s-au efectuat studii asupra țesăturilor impregnate în lac poliuretanic, de clasa *F*, la temperaturile de 220, 195 și 170°C. Pierderile în greutate, la temperatura de 170°C, au fost de circa 40%, pe cită vreme la 195°C, au crescut pînă la 80%.

A.B.

CZ 621.325.624.64.004.6

Hîrtie electroizolantă extradurabilă. In : Economiceskaia gazeta, nr. 12, 24 martie 1965, p. 44.

La Institutul electrotehnic „V. I. Lenin" din Moscova a fost elaborat un procedeu pentru obținerea hîrtiei cu însușiri de durabilitate deosebită. Această hîrtie va fi folosită ca material electroizolant de calitate excepțională.

Hîrtia se produce din azbest și din fibre de sticlă, încleiate cu substanțe organice sau silicoorganice.

O asemenea hîrtie rezistă perfect la variația bruscă a temperaturii, cum și la acțiunea alcaliilor și a acizilor.

Foile de azbest sînt destinate pentru izolarea subansamblurilor de mașini și aparate electrice și pentru transformatoare.

Hîrtia realizată din azbest și din fibre de sticlă este foarte practică la confecționarea diverselor feluri de materiale electroizolante — materiale plastice stratificate, benzi pentru înfășurare, rezistente la temperaturi înalte, cum și în alte scopuri.

J. T.

CZ 621.315.616.96

Schubert, M. **Dozarea și amestecarea rășinilor epoxidice cu umpluturi și întăritori pentru turnarea produselor electrotehnice** (Dosieren und Mischen von Epoxydharz mit Füllstoff und Härter für Bauteile der Elektroindustrie). In : Elektrie, **18**, nr. 8, 1964.

Rășinile epoxidice se folosesc pe scară tot mai largă în construcțiile de echipament electric. În tehnologia turnării pieselor componente ale echipamentului electric cu rășinile epoxidice intră operația de amestecare a rășinilor cu întăritori și umpluturile respective. În acest sens se prezintă tehnologia pentru un amestec de 100 părți rășină epoxidică, 63 părți umplutură și 5 părți de întăritor. Dispozitivele de dozare și amestec sînt descrise în lucrare. Viteza de rotație a paletelor amestecătorului este reglabilă în limitele 1 800—3 600 rot/min. Întărirea acestui amestec se face la cald și alegerea temperaturii depinde de unii parametri tehnologici și, de asemenea, de ritmicitatea producției. La temperaturi mai mari corespund durate de întărire mai scăzute și, de aceea, sînt preferate regimurile termice ridicate.

Se recomandă folosirea temperaturii de întărire de circa 60°C, cu o durată de 120 min.

A.B.

CZ 621.315.619.002.237

Dubsky, I. și Cervenka, B. **Contribuție la tehnologia durcisării la izolația în mică pentru înaltă tensiune** (Beitrag zur Technologie des Aushärtens der Hoch-spannungs-Glimmer-Papierisolierung). In : Elektrie, nr. 8, 1964, p. 247—248, 1 fig.

Izolanții de mare tensiune la statoarele și la rotoarele diferitelor mașini electrice (de exemplu, la turbogeneratoarele sincrone) se compun, în general, din foi de mică și din diferiți lianți (rășini epoxidice etc.). Durcisarea acestora se realizează prin căldură transmisă din exterior sau — la materialele sintetice — prin încălzirea dielectrică la înaltă frecvență.

Un alt sistem de încălzire, respectiv de durcisare a bobinelor polilor sau chiar a barelor marilor turbogeneratoare (5—7 m lungime), constă în introducerea acestora în forme speciale și apoi în cuptoare. În cazul în care nu se poate utiliza procedeul arătat, datorită prețului de cost relativ urcat, s-a dezvoltat în Cehoslovacia un al treilea procedeu.

Este vorba de o încălzire prin inducție cu curent alternativ de 50 Hz a conductorilor transpuși. Șinele (bacurile) de presare a conductorilor înveliți cu izolație sînt dintr-un material feromagnetic (oțel). Pentru ca încălzirea să fie uniformă pe toată secțiunea se pune condiția respectării unui anumit raport (2—7) între secțiunea oțelului și acela al barei de cupru ce urmează să fie izolată. La utilizarea altor conductori (aluminiu etc.), raportul de mai sus se schimbă în funcție de conductibilitatea conductorului.

Articolul se încheie prin enunțarea avantajelor acestui din urmă sistem de durcisare a izolației : investiții reduse, consum scăzut de energie la un factor de putere de 0,7—0,8 și realizarea unei izolații mult superioare altor metode de durcisare cu posibilitatea de a se utiliza o varietate mult mai mare de lianți în combinație cu mica.

G.C.

CZ 621.316.5 *Aparate de conectare*

CZ 621.316.54.014.33 : 621.319.4

Deutsch, F. **Întreruptor pentru impulsuri de curenți mari la tensiuni înalte** (Schalter für Hochstromimpulse bei hohen Spannungen). In : Bull ASE **55**, nr. 22, 1964, p. 1 123—1 127, 11 fig., 37 ref. bibl.

Anclanșarea sau descărcarea rapidă a acumulatoarelor de energie pun o serie de condiții speciale pe care trebuie să le îndeplinească dispozitivele de cuplaj. În acest sens se precizează care sînt condițiile pe care trebuie să le îndeplinească un întreruptor ideal, analizîndu-se în continuare modul cum reușește să se apropie de acesta eclatoarele (normale sau comandate), tiratroanele și ignitroanele.

Construcția acestora și schemele electrice în care se folosesc sînt descrise pe larg, insistîndu-se, în special, asupra rigidității dielectrice, puterii de cuplare, întîrzierii la amorsare, a fiecărui tip. Rezultatele experimentale obținute se consideră satisfăcătoare.

F.T.

CZ 621.314.11 + 621.316.54.001.13

Lagowits, U. și Bahrs, D. **Noi principii de conectare și perspectivele lor** (Neue Schaltprinzipien iund ihre Perspektive). In : Elektrie **18**, nr. 9, sept 1964, p. 274—278, 33 ref. bibl.

Încadrarea problemei se face cu precizarea că într-o perspectivă apropiată tipurile existente de aparate de conectare vor fi depășite de cerințele energeticii. Se arată că în domeniul tensiunilor înalte întreruptoarele cu ulei au ajuns la limita superioară a puterii de rupere justificabilă din punct de vedere economic. Nu se prevede ca în condițiile constructive existente ale întreruptoarelor pneumatice să se poată atinge capacitatea de rupere de 60 kA chiar dacă această limită va putea fi, practic, realizată într-un viitor apropiat — dispozitivele noi adoptate vor fi după părerea autorilor — foarte costisitoare. În analiza făcută autorii recomandă trecerea la realizarea unor aparate de conectare, care să folosească un agent de stingere în condiții speciale a arcului electric, în circuit închis sau deconectarea să se producă fără formarea arcului. În acest scop în articol se descriu diferite soluții ca de exemplu :

— întreruptoare cu presiune înaltă pînă la 150 at ;
— întreruptoare cu vid înseriate ;
— întreruptoare cu hexafluorură de sulf ;
— întreruptoare cu micșorarea curentului înainte de rupere cu ajutorul unei rezistențe intercalate în circuit.

Întreruptoarele cu vid și cele cu hexafluorură de sulf pot înlocui în perspectivă pe cele cu agenți de stingere clasici. Întreruptoarele cu aer comprimat pot fi modificate pentru a putea folosi la stingere presiuni mai mari în special în rețelele de foartă înaltă tensiune. Pe baza analizei făcute, autorii consideră că și în domeniul tensiunilor foarte înalte primatul va aparține întreruptoarelor cu hexafluorură de sulf, atît sub aspect tehnic, cît și din considerente economice.

A. C.

CZ 631.317 *Măsurări electrice*

CZ 621.317.384: 621.318.2

King, P. H. şi Rawlison, E. **Măsurarea pierderilor în fier a tolelor supuse unui intens cîmp magnetic alternativ** (Measurement of iron losses in magnetic sheet steel subjected to high alternating magnetic field). In : Proc. I.E.E., vol **112**, nr. 1, ianuarie 1965, p. 169—178, 17 fig.

Se relatează măsurări făcute asupra mai multor feluri de tole cu conţinut de siliciu diferit ; s-a mers cu fluxuri sinusoidale pînă la saturaţia magnetică. Sînt descrise două dispozitive destinate să măsoare pierderile în fier, în tole magnetizate pînă la inducţii înalte. Măsurările s-au făcut în fiecare caz cu altă metodă termică. S-au ivit multe dintre dificultăţile comune tuturor metodelor termice şi erorile s-au putut reduce numai printr-o tehnică foarte îngrijită şi printr-o mare atenţie dată detaliilor. Se descriu două moduri de producţie a unei inducţii sinusoidale, unul electronic şi altul dinamoelectric. Pentru materialele măsurate, pierderile proporţionale cu frecvenţa ajung, la inducţii înalte, la o valoare de saturaţie. În ceea ce priveşte pierderile proporţionale cu pătratul frecvenţei, s-a verificat că „factorul de anomalie", definit ca raportul dintre pierderile totale prin curenţi turbionari şi pierderile „clasice" prin curenţi turbionari, nu variază cu mai mult de 10% în cazul cînd inducţia variază între 50 şi 100% din valoarea de saturaţie.

H.A.

CZ 621.319.4 *Condensatoare*

CZ 621.319.4: 621.315.614,6.001.57

Pintali, I. S. **Caracteristicile de ionizare şi de îmbătrînire a izolaţiei din hîrtie-ulei pentru condensatoare** (Ionizationnie harakteristiki i starenie bumajno-maslianoi kondensatornoi izolaţii). In : Elektrotehnika **36**, nr. 1, 1965, p. 58—60, 5 fig., 6 ref. bibl.

Se pune problema determinării duratei de viaţă a condensatoarelor de forţă prin măsurarea caracteristicilor de ionizare a dielectricului hîrtie-ulei. Pentru aceasta s-au realizat electrozi speciali plaţi de dimensiuni mici, la care un electrod era format dintr-o foiţă de aluminiu, iar celălalt, dintr-un strat semiconductor depus pe o sticlă transparentă. Tocmai folosirea electrozilor permanenţi permite observarea fenomenelor care au loc în dielectrici cu ajutorul microscopului şi permite măsurarea intensităţii de început a ionizării.

Uscarea şi impregnarea epruvetelor s-au făcut la temperatura de 95—100° C sub un mol de 0,1 mm col. Hg.

S-au trasat curbele variaţiei gradientului de început al ionizării E_i în funcţie de grosimea dielectricului, la fel, în funcţie de frecvenţă, în gama de la 0,05 la 10 kHz. În urma experimentărilor au rezultat unele relaţii pentru determinarea duratei de viaţă a condensatoarelor de forţă în funcţie de gradientul de lucru. După aceste relaţii durata de viaţă a condensatoarelor de forţă realizate cu hîrtie cu densitate mică (0,9—1) g/cm³ este de circa 2—3 ori mai mare decît a celor fabricate cu hîrtie cu densitate mai mare decît 1,2 g/cm³.

A. B.

CZ 621.365 *Electrocăldură*

CZ 621.365.036.662.4

Boller, E. **Bare de încălzire pentru cuptoare electrice** (Heizstäbe für Elektroöfer). In : Bull ASE **55**, nr. 8, 1964, p. 358—361.

În ultimul timp, la încălzirea cuptoarelor o largă răspîndire a luat utilizarea barelor de încălzire din carbură de siliciu. Deşi face parte din materiile ceramice, carbura de siliciu are o conductivitate electrică ce o indică să fie folosită pentru corpurile de încălzire. Astfel, datorită rezistenţei sale termice şi chimice înalte, ea poate fi utilizată la temperaturi pînă la 1 450° C. Se descrie pe scurt procesul de fabricaţie al barelor din carbură de siliciu, indicîndu-se şi domeniile de aplicaţie cele mai reprezentative. Funcţie de locul unde sînt folosite, s-au dezvoltat numeroase tipuri de bare cu proprietăţi fizice şi chimice deosebite. Datorită acestei varietăţi trebuie acordată mare atenţie alegerii celui mai corect tip de bare, dîndu-se în acest sens indicaţii.

În ceea ce priveşte comportarea în exploatare, se arată că tratamentul îngrijit al acestor bare are o mare influenţă asupra duratei de viaţă.

Fl. T.

CZ 621.355 *Acumulatoare*

CZ 621.355.8—181.4

Horn, L. ş. a. **Acumulatoare foarte mici** (Kleinstakkumulatoren). In : ETZ-B, nr. 2, ian 1965, p. 25— 28, 3 fig., 2 tab., 1 grafic.

Este vorba de o construcţie nouă de acumulatoare de formă cilindrică, cu diametrul de 4 mm şi înălţimea de 4—6 mm. Se constată că dacă la un acumulator o lungime caracteristică creşte cu mărimea a, atunci energia acumulată şi curentul cresc cu a^3, rezistenţa interioară şi „volumul mort" scad cu $1/a$, iar pierderea de putere în rezistenţa interioară este de a^5. La acumulatoarele mari rolul precumpănitor îl au datele electrice, iar la cele mici „volumul mort" (spaţiul inactiv). La proiectare, constructorul trebuie să mai aibă în vedere doi factori : evacuarea căldurii şi rezistenţa mecanică. Se prezintă apoi un tablou cu datele principale (dimensiuni, capacitate, greutate etc.) ale acumulatoarelor „mici" (225—3 500 mAh) de pînă acum, trăgîndu-se concluzii asupra formei acumulatoarelor „foarte mici" (5—10 mAh) în ce priveşte atît forma exterioară, cît şi condiţiile pe care acestea trebuie să le îndeplinească din punctul de vedere al etanşeităţii faţă de gaze, al posibilităţii de supraîncărcare, al numărului de încărcări posibile etc.

Sînt explicate apoi fenomenele chimice care au loc la încărcarea unor astfel de acumulatoare, în care electrodul negativ este format, în starea de descărcare, din hidroxid de cadmiu amestecat cu un praf conducător, iar cel pozitiv, din hidroxid de nichel, plus praful conducător. Este descrisă construcţia unui astfel de acumulator, comparîndu-se într-o fotografie mărimea sa cu aceea a acumulatoarelor mici.

Într-o tabelă se arată comparaţia dintre acumulatoarele „mici" şi cele „foarte mici", descrise aici (dimensiuni, greutăţi, capacitate etc.). Comparaţia se face cu aşa-zisele acumulatoare-nasture, care — avînd forma unui nasture — au diametrele între 11 şi 15 mm şi înălţimile între 5 şi 6 mm. Un grafic conţine curba de încărcare şi cea de descărcare la acumulatoarele tratate în articol.

Trecîndu-se la utilizarea acestor acumulatoare este discutată, în primul rînd, introducerea lor în ceasornicele de mînă, pentru acţionarea şi iluminatul acestora, evitîndu-se actualele culori luminescente cu raze gama etc., dăunătoare omului.

Articolul arată în partea finală şi cîteva aplicaţii în medicină ale acumulatorului descris (activarea inimii, reglarea dozelor de medicamente, supravegherea temperaturii, a presiunii sîngelui etc.).

G. C.

CZ 621.37 *Tehnica oscilaţiilor*

CZ 621.375.4

Müller, W. **O metodă de măsurare statistică cu ajutorul multiplicatorului analogic** (Statistische Messtechnik mit dem Analogiemultiplikator). In : Nachrichtentechnik **15**, nr. 3, 1965, p. 81—87, 21 fig., 11 ref. bibl.

O prezentare de ansamblu a problemelor teoretice şi practice legate de folosirea multiplicatoarelor analogice şi exemplele de aplicare la analizarea semnalelor cu caracter statistic (vibraţii neliniare, zgomot) arată importanţa şi diversitatea schemelor în care sînt folosite.

Printre cele mai importante întrebuinţări se citează : analizarea funcţiilor de timp şi de frecvenţă, analiza spectrală, calcularea funcţiei de corelaţie şi autocorelaţie, măsurări în electroacustică folosind sunetul ca semnal de test, găsirea componentelor zgomotului cu ajutorul funcţiei de autocorelaţie şi diverse alte aplicaţii în măsurări de laborator, industriale şi în electrofiziologie.

V. L.

CRONICĂ

Cea de-a IX sensiune de comunicări ştiinţifice la Institutul politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej" din Bucureşti

Între 28 şi 30 mai 1965 s-au desfăşurat lucrările sesiunii ştiinţifice a Institutului politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej" din Bucureşti, în cadrul a 25 de secţii de specialitate. Au fost comunicate 459 de lucrări, dintre care 23 în secţia a XV-a Electrotehnică şi 20 în secţia a XVI-a Măsuri şi aparate electrice, maşini electrice.

Titlurile lucrărilor prezentate în cele două secţii de specialitate şi rezumatul acestora se dau în continuare.

A. În secţia electrotehnică s-au prezentat lucrările :

1. Acad. prof. dr. *R. Răduleţ* şi ing. *P. Dimo*, membru corespondent al Academiei R.P.R., de la I.S.P.E. : „Teoria celor mai simple scheme echivalente a părţilor liniare ale reţelelor electrice cu neliniarităţi".

Se dezvoltă teoria, în parte, cu reţinerea numai a fundamentalei, iar pentru anumite reţele, cu principiul reţinerii tuturor armonicilor.

2. Acad prof. dr. *R. Răduleţ* şi conf. *A. Timotin*, candidat în ştiinţe tehnice : „O nouă fundamentare a calculului cu mărimi şi implicaţiile ei în problema interpretării raţionalizării în electromagnetism".

Definind explicit conceptul de mărime fizică se stabileşte posibilitatea construirii unui calcul cu mărimi, izomorf calculului cu valori numerice coerente acestui sistem. Se analizează consecinţele acestei teorii în privinţa raţionalizării mărimilor din electromagnetism şi în comparaţie cu prezentarea axiomatică a calculului cu mărimi.

3. Conf. *G. Drăgan*, candidat în ştiinţe tehnice şi ing. *S. Coatu*, de la I.S.P.E. : „Studiul repartiţiei supratensiunilor de-a lungul înfăşurării unui transformator. Ecuaţiile de calcul în cazul utilizării calculatoarelor electronice".

Se stabilesc ecuaţiile diferenţiale ale schemei echivalente şi se studiază repartiţia tensiunilor folosindu-se o metodă nouă.

4. Conf. *A. Timotin*, candidat în ştiinţe tehnice şi conf. *A. Ţugulea*, candidat în ştiinţe tehnice : „Asupra condiţiilor de unicitate ale cîmpurilor electrostatice şi ale cîmpurilor magnetice staţionare în cazul unor medii cu caracteristici neliniare".

Se arată că condiţiile de unicitate din cazul mediilor cu caracteristici liniare sînt extensibile şi în medii neliniare cu caracteristici $D=f(E)$ şi $B=f(M)$ monotone.

5. Conf. *A. Ţugulea*, candidat în ştiinţe tehnice şi asistent *C. Fluerăşu* : „Tensiuni electromotoare induse prin mişcare şi forţe electrodinamice în cazul conductoarelor ecranate magnetic".

Se arată că $e = B_{ext}.\ l.v$ şi $F = B_{ext}.\ i.l$ aplicabile în cazul unor cîmpuri exterioare omogene, se pot aplica şi în cazul conductoarelor ecranate magnetic, care sînt situate în crestături de formă oarecare din indusul maşinilor electrice.

6. Şef lucrări *C. Nemoianu* : „Asupra unei probleme de refulare a curentului electric de aducţie în bare drepte de secţiuni cu variaţie discontinuă".

Se prezintă teoria, calculele numerice şi datele experimentale privind soluţia exactă a unei probleme de efect pelicular, corespunzătoare trecerii curentului dintr-un conductor cilindric drept, filiform, într-un conductor cilindric gros, aşezat coaxial în prelungirea firului.

7. Acad. prof. dr. *R. Răduleţ* şi şef lucrări *A. Ifrim*, candidat în ştiinţe tehnice : „Asupra aproximaţiei Maxwelliene din teoria curenţilor turbionari în plăci subţiri".

Se prezintă o metodă mai directă de calcul, comparîndu-se rezultatele obţinute cu cele date de alte metode şi se specifică aplicaţiile practice ale metodei propuse.

8. Conf. *M. Preda*, candidat în ştiinţe tehnice şi asistent *P. Cristea* : „Contribuţii la studiul topologic al reţelelor electrice".

Se analizează bazele topologice ale studiului reţelelor electrice şi se deduc noi matrice de incidenţă ataşate unor grafuri orientate şi forme matriciale noi ale ecuaţiilor aplicabile la studiul interconectării.

9. Conf. *M. Preda*, candidat în ştiinţe tehnice : „Asupra aplicării dualităţii în teoria circuitelor electrice şi a grafurilor de transmisie".

Se deduce o nouă teoremă generală de transfigurare a multipolilor activi. Se elaborează o metodă standard de transfigurare a grafurilor de transmisie, care să ducă la un graf cu un număr redus de legături de reacţie.

10. Şef lucrări *M. Leon* : „Asupra determinării experimentale a funcţiilor de transfer ale proceselor fizice în prezenţa perturbaţiilor, utilizînd răspunsul în regim staţionar la excitaţie armonică".

Se prezintă analitic şi experimental contribuţiile privind determinarea erorilor de metodă intervenite la ridicarea locurilor de transfer ale proceselor fizice din obiectivele industriale în prezenţa perturbaţiilor.

11. Asistent *A. Cupşa* : „Calculul rezistenţei rotorice a unei maşini unipolare de tip axial".

12. Ing. *V. Bunea* de la U.M.E.B. : „Analiza neliniarităţii la repartiţia inducţiei în mediu feromagnetic".

Se analizează fenomenul şi se deduc formule care dau repartiţia fluxului pe două ramuri feromagnetice neliniare întîlnite la unele acceleratoare de particule, propunîndu-se soluţia pentru corectarea neliniarităţii.

13. Şef lucrări *F. Manea* şi conf. *M. Preda*, candidat în ştiinţe tehnice : „Scheme echivalente ale unor circuite electrice simetrice cuplate magnetic în regim dinamic".

Se deduc schemele echivalente cu sursa de curent şi tensiune pentru circuite electrice ce au simetrie spaţială şi cuplaj magnetic uniform variabil în timp.

14. Conf. *M. Preda*, candidat în ştiinţe tehnice, asistent *F. Spinei* şi asistent *L. Cipere* : „Asupra analizei şi sintezei cuadripolilor nesimetrici pur reactivi".

Se deduc relaţii generale care simplifică calculul filtrelor pur reactive.

15. Asistent *V. Iordăchescu* : „Studiul schemelor echivalente ale unor circuite de unde centimetrice".

16. Asistent *F. Spinei* : „Asupra unor teoreme de variaţie a circuitelor electrice".

17. Acad. prof. dr. *R. Răduleţ* şi conf. *A. Timotin*, candidat în ştiinţe tehnice : „Permeabilitatea vidului şi permitivitatea vidului în cadrul electrodinamicii neliniare".

18. Ing. *A. Radu* de la I.F.A. : „Inductanţa neliniară ca element de separare în generatoarele de impulsuri cu linie de formare".

19. Conf. *M. Hăngănuţ* şi asistent *D. Comşa* de la Institutul politehnic — Cluj : „Asupra proiectării unei inductanţe saturabile cu întrefier".

20. Ing. *M. Lungu* şi ing. *P. Piturcescu* de la Uzina „23 August"-Bucureşti : „Realizări practice ale Uzinei „23 August" cu privire la instalaţiile de reglare automată a regimului de încărcare a bateriilor de acumulatoare montate pe locomotive".

21. Ing. *Balazs Máthè* de la Uzinele „Electroputere"-Craiova : „Aplicarea calculului matricial la studiul defectoscopiei al izolaţiei transformatoarelor".

22. Asistent *L. Bompa* şi conf. *P. Şonea* de la Institutul politehnic-Braşov : „Consideraţii teoretice asupra cuplei asincrone cu rotor feromagnetic".

23. Ing. *F. Stănculescu* şi matematician *A. Suşea* de la I.C.P.E. : „Asupra existenţei şi unicităţii soluţiei unei ecuaţii hiperbolice din electrodinamica mediilor neliniare".

B. În secţia Măsuri şi aparate electrice, maşini electrice, s-au prezentat următoarele comunicări :

1. Conf. *Gh. Hortopan :* „O metodă de calcul al divizorului de tensiune rezistiv ecranat".

Se expune o metodă originală, folosindu-se : modelarea tridimensională în baie electrolitică ; modelarea dinamică şi calculatorul analogic. S-a realizat un divizor pentru tensiunea de impuls de 1,5 MV.

2. Prof. *Toma Bordea* de la Institutul politehnic-Timişoara : „Generalizarea teoriei celor două axe la maşina electrică M — fazată nesimetrică".

Se stabilesc relaţii de transformare pentru maşinile electrice şi magnetice şi se scriu ecuaţiile generale pentru cele două axe, plecîndu-se de la analiza unei maşini de curent alternativ fără colector, care prezintă două axe de simetrie magnetică în cuadratură electrică. Sînt generalizate ecuaţiile lui Park.

3. Prof. *A. Fransua,* candidat în ştiinţe tehnice : „Criterii de alegere a motorului electric din componenţa servomecanismelor".

După trecerea în revistă a criteriilor se prezintă un criteriu mai complet de luare în considerare a suprareglării maxime, evidenţiindu-se cifrele de merit ale servomotorului ce sînt independente de reductor.

4. Asistent *I. Braşovan* de la Institutul politehnic-Timişoara : „Contribuţii la teoria transformatoarelor de curent".

Se prezintă un nou mod de interpretare a funcţionării transformatoarelor de curent, considerîndu-le ca sisteme de reglare automată.

5. Asistent *Gh. Atanasiu* de la Institutul politehnic-Timişoara : „Consideraţii asupra pornirii motoarelor de inducţie cu reostat autoreglabil".

6. Prof. *C. Apetrei,* candidat în ştiinţe tehnice : „Pornirea motoarelor asincrone cu rotor masiv".

Se determină parametri prin considerarea ecuaţiei procesului de pornire şi se arată utilitatea lor la calculul caracteristicilor funcţionale şi la determinarea încălzirii la pornire.

7. Conf. *Gh. Hortopan :* „Teoria unitară privind aprecierea calităţii dispozitivelor de măsură de înaltă tensiune, divizorul de tensiune şi şuntul de curent".

Se arată că sistemele de măsură pot fi considerate ca sisteme cu defazaj minimal şi li se poate aplica teoria lui Bode. Se arată corelaţia între funcţia de transfer a unui sistem de măsură şi timpul său de răspuns. Se prezintă oscilogramele privind timpul de răspuns şi caracteristica de frecvenţă pentru dispozitivul de măsură construit de autor.

8. Ing. *N. Ciucuic* de la U.M.E.B. : „Pornirea şi frînarea unui motor serie de curent continuu, comandate cu un controler cu disc Foucault".

9. Ing. *A. Marinescu* şi ing. *S. Popescu* de la Uzinele „Electroputere"-Craiova : „Studiul cu privire la influenţa procesului tehnologic de tratare a izolaţiei transformatoarelor asupra nivelului de descărcări parţiale".

10. Conf. *D. F. Lăzaroiu :* „Studiul asupra încălzirii maşinilor electrice cu întrefier axial, realizate pe principiul circuitelor imprimate".

Se arată modul de calcul al încălzirii maşinilor electrice realizate cu rotorul sub forma de disc, aplicîndu-se două metode. Prima consideră fenomenele termice ca la nervuri, a doua recurge la ajutorul reţelelor echivalente de surse de căldură.

11. Ing. *C. Ambrozie* de la Uzinele „Electroputere"-Craiova : „Asupra determinării capacităţilor elementare la înfăşurările continue ale transformatoarelor de putere".

12. Conf. *N. Ştefănescu* şi şef lucrări *I. Bahrin :* „Cu privire la pierderile suplimentare în înfăşurările de aluminiu ale transformatoarelor de putere".

Se analizează ipotezele de calcul al pierderilor. Se studiază efectul pierderilor cuvei plane asupra distribuţiei cîmpului şi asupra valorii pierderilor. Se compară pierderile suplimentare în înfăşurările de cupru şi aluminiu în diferite ipoteze.

13. Ing. *Balasz Máthè* şi ing. *A. Marinescu* de la Uzinele „Electroputere"-Craiova : „Contribuţii la teoria şi practica divizoarelor capacitive de înaltă tensiune".

14. Asistent *A. Fetiţa* şi asistent *I. Fetiţa :* „Cu privire la calculul factorului de înfăşurare".

Se propune un procedeu de calcul al factorului de înfăşurare general valabil pentru tipurile de înfăşurări repartizate.

15. Asistent *I. Marinescu :* „Încercarea siguranţelor de înaltă tensiune limitatoare de curent în circuit oscilant".

16. Cercetător principal *M. Bîrgăoanu,* cercetător principal *D. Creţu* şi cercetător *P. Orişan* de la Institutul de energetică al Academiei R.P.R. : „Cu privire la capacitatea de resincronizare a motorului sincron cu sarcină periodică".

17. Ing. *D. Costina* şi ing. *A. Marinescu* de la Uzinele „Electroputere"-Craiova : „Consideraţii privind verificarea rigidităţii dielectrice a autotransformatoarelor de mare putere".

La şedinţa de închidere, prof. *C. Dinculescu,* membru corespondent al Academiei R.P.R., rectorul institutului ,a scos în evidenţă succesul obţinut de colectivele largi de specialişti din producţie, din institutele de învăţămînt superior şi din institutele de cercetare în abordarea problemelor ce se înscriu pe linia cercetării fundamentale şi a cercetărilor cu caracter aplicativ. Se consideră că acest schimb de experienţă, la care aportul tineretului — sub îndrumarea cadrelor cu experienţă a fost sensibil — trebuie continuat, întrucît nivelul lucrărilor prezentate, calitatea discuţiilor purtate, lupta de opinii în diferite probleme au dus la clarificarea în mai mare măsură a adevărului ştiinţific şi la afirmarea forţelor de cercetare de care dispunem.

A. Carabulea

SCURTE ŞTIRI

O aparatură Roentgen minusculă, care poate fi purtată în buzunar, a fost recent construită. Într-o casetă din aliaj de wolfram-oţel se găseşte o bucăţică de izotop radioactiv Promethium-147, care îndeplineşte atît rolul de a furniza curentul electronic necesar, cît şi pe acela de a forma anticatodul, de la care porneşte radiaţia Roentgen necesară.

Din: Elektrie, nr. 12, 1964

O nouă celulă electrolitică „Liliput" cu mărimea de 0,002 cm^3 poate servi ca acumulator, condensator, celulă fotoelectrică, termoelement şi detector radiant. Electrolitul se compune din două substanţe chimice cunoscute şi ieftine, iar electrozii sînt cupru şi zinc. Într-un spaţiu de 0,1 cm^3 s-au obţinut, după încărcare, mai mulţi joule. Pentru tensiuni reduse s-au executat condensatoare „Liliput" de 10 000—100 000 μF. Ca termoelement, celulele furnizează de fiecare grad 10 mV la 100 kΩ.

Din: ETZ-B, nr. 5, 1965

O microlampă, care poate fi introdusă într-un ac de injecţie, a fost construită în S.U.A. Ea are 2 mm lungime, un diametru de 0,7 mm şi o greutate de 0,03 g.

Din: Elektrie, nr. 7, 1963

Cel mai mic releu construit în serie poate fi introdus într-o carcasă de tranzistoare TO-5, inclusiv conductele de racord. Acest releu al fabricii Teledyne are o greutate de 2,3 g, o putere de acţionare de 100 mW, cu un timp de acţionare de 1,5 ms. Numărul acţionărilor posibile : a) la slabă încărcare : 10 milioane ; b) la 28 V c.c. 0,5 A şi încărcare cu rezistenţă, 125° C — 1 milion ; c) la 28 V c.c. 1 A şi încărcare cu rezistenţă, 125° C — 100 000. Releul se execută pentru 6, 9, 12, 18 şi 26,5 V.

Din: Elektrie, nr. 7, 1964

O deviere de numai 0,002% de la valoarea nominală într-o perioadă de trei ani a prezentat o nouă rezistenţă, care se construieşte în valori de la 1 k Ω pînă la 1 M Ω. Rezistenţele se comportă bine la temperatură şi pot fi utilizate pentru tensiuni pînă la 1 000 V.

Din: Elektrie, nr. 8, 1964

O baterie de încercare compusă din trei elemente de combustiune (H_2/O_2) a fost executată pentru aviaţia S.U.A., fiind destinată pentru zboruri cosmice. Puterea bateriei la o temperatură de 960° C este ceva mai mare decît 2 W. Electrolitul solid este un oxid de Zr-Y. Bateria are 6 g şi un volum de 5,5 cm^3.

Din: Elektrie, nr. 6, 1964

Folii foarte subţiri se realizează din hostafanpoliester în R.F.G. La grosimea de 4 μm ele servesc la confecţionarea condensatoarelor, iar la 12 μm grosime, la fabricaţia benzilor de magnetofon. O altă întreprindere a realizat benzi din policarbonat cristalizat de 3,5 μm grosime, care se utilizează, de asemenea, pentru condensatoare caracterizate printr-o capacitate deosebit de constantă şi o zonă foarte largă a temperaturii de utilizare.

Din: Elektrie, nr. 6, 1964

Printr-un nou procedeu de topire zonară se realizează de către Westinghouse E.I.C. metale şi aliaje ultrapure (wolfram, tantal, vanadiu etc.). Conţinutul total de gaze ale acestora este de 6.10^{-3}%0, iar conţinutul de impurităţi metalice este sub 1.10^{-4}%0. S-a reuşit, de exemplu, ca raportul rezistenţei restante la wolfram, care pînă acum era 80, să fie 4.10^4. Wolframul realizat după noua metodă este încă ductil la —196° C, pe cînd wolframul actual este casant la 200° C. Prin anumite adaosuri la metalele obţinute astfel s-au obţinut materiale cu rezistenţe mecanice foarte ridicate.

Din: Elektrie, nr. 6, 1964

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU ; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Acad. R.P.R. ; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil ; ing. V. BUNEA ; ing. V. CIOFU ; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU ; ing. AL. GRECEANU ; ing. ŞT. GROSU ; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct ; conf. ing. G. LAZARIDE ; ing. A. POPA ; prof. ing. CRISTINA POPESCU ; ing. VL. POPOVICI ; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET ; ing. ST. ŢIGANETEA ; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica, nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 2000.

Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/727/1965.

41 400

MŰSZAKI DOKUMENTÁCIÓS FŐOSZTÁLY 1883

СОДЕРЖАНИЕ

Передовица статья
Electrotehnica 13, № 7, июль стр. 1965, 241–242

ДК 621.313.2.013.4

Петреску, Г.: **Новый метод изучения снижения напряжения в электрических коллекторных машинах.**
Electrotehnica **13**, № 7, июль 1965, стр. 243–247

Исходя из того, что в коллекторных машинах постоянного тока, как электродвижущее напряжение, наведенное в одном витке, так и ток, проходящий через виток являются переменными, автор пытается установить, вызывает или не вызывает этот переменный ток снижение наведенного напряжения в обмотке якоря, даже тогда, когда этот последний специально оснащен магнитным шунтом. Применив к виткам якоря общую теорию переменных токов, доказывается, что на щетках машины возникает только снижение омического напряжения. Это заключение подтверждается анализом физических явлений чередования тока, обусловленных коллектором.

ДК 621.313.29.045.15.001.24

Лэзэрою, Д. Ф.: **О проектировании электрических машин с обмотками осуществленными на основании печатных схем.**
Electrotehnica **13**, № 7, июль 1965, стр. 247–252

После того как печатные схемы внесли существенный прогресс в разработку электронной аппаратуры, они с успехом применяются в качестве обмотки на ряде вращательных электрических машин. В настоящей статье освещается тепловое поведение печатных обмоток и приводятся элементы, необходимые для проектирования подобных машин.

ДК 621.312.333.3-673: 665.5

Берекет, М.: **Новый пусковой метод асинхронных электродвигателей низкого напряжения с короткозамкнутым ротором и его применение на нефтепромыслах.**
Electrotehnica **13**, № 7, июль 1965, стр. 252–258

Описывается новый метод запуска асинхронных электродвигателей низкого напряжения с короткозамкнутым ротором. Новый переходной метод в закрытой цепи обеспечивает высокий пусковой момент, осуществляет автоматизацию управления и устраняет необходимость использования пускового автоматического трансформатора при использовании минимального количества контакторов.

ДК 621.313.61: 389.6

Попеску, Г. и *Лефтер, К.*: **Положение стандартизации в международном плане в области электроизоляционных материалов.**
Electrotehnica **13**, № 7, июль 1965, стр. 258–264

Рассматривается положение работ и анализируются рекомендации разработанные Международной технической комиссией в области электроизоляционных материалов, а именно комитетом 15, включающим многочисленные рабочие группы. Изоляционные материалы представляют собой особый интерес для конструкторов электрических машин, аппаратов и установок, учитывая, что качественное улучшение этих материалов является одним из основных направлений прогресса в упомянутой области. В этой связи авторы предлагают периодическое опубликование информации о работах МЭК в области электротехнических материалов. Настоящая статья является одной из подобных информаций, учитывая, что на ежегодной сессии в Токио (1965) будет организована деятельность комитета 15. Особое внимание уделяется кратковременным испытаниям, тепловой устойчивости, спецификациям и методам испытания.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621.318.381.001.13: 622.327.43

Василиу, А.: **К вопросу проектирования и конструирования балластных сопротивлений для флюоресцентных ламп, с учетом оптимальных экономических условий.**
Electrotehnica **13**, № 7, июль 1965, стр. 264–267

РЕЦЕНЗИИ 268–270
РЕФЕРАТЫ 270–273
ХРОНИКА 274–275
КРАТКИЕ СООЩБЕНИЯ 276

INHALTSVERZEICHNIS

Leitartikel

Electrotehnica 13, H. 7, Juli 1965, S. 241–242

DK 621.313.2.013.4

Petrescu, Gh. : **Ein neues Untersuchungsverfahren für den Spannungsabfall in Kollektormaschinen.**

Electrotehnica 13, H. 7, Juli 1965, S. 243–247

Von der Feststellung ausgehend, dass bei Gleichstromkollektormaschinen sowohl die in einer Windung induzierte Antriebsspannung, als auch der eine Windung durchfliessende Strom alternativ sind, versucht der Verfasser zu ermitteln, ob dieser Wechselstrom einen induktiven Spannungsabfall in der Ankerspule bewirkt, selbst dann wenn diese absichtlich mit einem magnetischen Nebenwiederstand versehen ist.

Durch Anwendung der allgemeinen Theorie der Wechselströme auch im Falle der Ankerwindungen, erbringt der Verfasser den Beweis, dass an den Bürsten nur ein ohmscher Spannungsabfall eintritt, eine Schlussfolgerung, die durch eine Analyse der physikalischen Wechselerscheinungen des vom Kollektor hervorgerufenen Stroms bestätigt wird.

DK 621.313.29.045.15.001.24

Lăzăroiu, D. F. : **Erwägungen über den Entwurf von elektrischen Maschinen, deren Windungen auf Grund von Druckschaltungen ausgeführt sind.**

Electrotehnica 13, H. 7, Juli 1965, S. 247–252

Nachdem die Druckschaltungen sich in der Fertigung von elektrotechnischen Apparaten durchgesetzt haben, werden sie nun auch bei der Ausführung gewisser Wicklungen elektrischer Maschinen mit Erfolg angewandt.

Im vorliegendem Aufsatz wird auch das thermische Verhalten der gedruckten Wicklungen und einige nützliche Elemente für den Entwurf dieser Maschinentypen beschrieben.

DK 621.313.333.2 – 573 : 665.5

Berechet, M. : **Neues Anlaufverfahren asynchroner Niederspannungsmotoren mit Kurzschlussläufern und dessen Anwendung auf Erdöl-und Erdgasfeldern.**

Electrotehnica 13, H. 7, Juli 1965, S. 252–258

Es wird ein neues Anlaufverfahren für asynchrone Niederspannungsmotoren mit Kurzschlussläufer beschrieben. Das neue Verfahren im Umlaufkreis sichert einen bedeutenden Anlaufdrehmoment, die Einführung der automatischen Steuerung und erübrigt die Verwendung des Anlaufspartransformators bei einer minimalen Zahl von Kontaktgebern.

DK 621.315.61 : 389.6

Popescu, Ch. und *Lefter, C.* : **Standardisierungsarbeiten auf internationaler Ebene im Bereich der elektrischen Isolierstoffe.**

Electrotehnica 13, H. 7, Juli 1965, S. 258–264

Der Aufsatz gibt einen Überblick über die Arbeiten und Empfehlungen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission im Ausschuss Nr. 15, der zahlreiche Arbeitsgruppen umfasst. Die Isolierstoffe sind von besonderem Interesse für den Bau von elektrischen Maschinen, Apparaten und Anlagen, und die Qualitätsverbesserung dieser Stoffe ist ein Weg für den Fortschritt auf diesem Gebiet. Im Anbetracht dieses Interesses schlagen die Verfasser die Veröffentlichung von periodischen Informationen über die Arbeiten der Internationalen Elektrotehnischen Kommission im Bereich der elektrischen Isolierstoffe vor. Der vorliegende Aufsatz gehört zu dieser Informationsreihe, umsomehr als die nächste Jahrestagung in Tokyo (1965) die Arbeitsweise des Ausschusses Nr. 15 organisieren soll. Vor allem wird auf Versuche von kurzer Dauer, auf die thermische Stabilität und die Bestimmungsweise und die Versuchsverfahren hingewiesen.

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

DK 621.318.381.001.13 : 621.327.43

Vasiliu, Al : **Beiträge zum Entwurf und den Bau der Schutzdrosselspule für Leuchtstofflampen mit optimalen wirtschaftlichen Erwägungen.**

Electrotehnica 13, H. 7, Juli 1965, S. 264–267

BUCHBESPRECHUNGEN 268–270
REFERATE 270–273
CHRONIK 274–275
KURZNACHRICHTEN 276

BIBLIOTECA

CONTENTS

Leading article

Electrotehnica 13, nr. 7, July 1965, p. 241–242

DC 621.313.2.013.4

Petrescu, Gh. : **A new method of investigating the voltage drops in the collector machines.**

Electrotehnica 13, nr. 7, july 1965, p. 243–247

Starting from the fact that in direct-current machines with collectors both the electromotive force induced in a spire and the current passing through a spire are alternating, the author tries to establish whether this alternating current produces or not an inductive voltage drop in the winding of the armature even when this has been deliberately provided with a magnetic shunt. Applying to the armature spires the general theory of alternating currents, he demonstrates that only an ohmic voltage drop occurs in the machine brushes, conclusion which is confirmed by the analysis of the physical current alternating phenomena determined by the collector.

DC 621.313.29.045.15.001.24

Lăzăroiu, D.F. : **Some considerations concerning the designing of electrical machines with windings based on printed circuits.**

Electrotehnica 13, nr. 7, july 1965, p. 247–252

After having transformed the electronic equipment, the printed circuits are successfully used as windings in some rotative electrical machines. The article describes the thermic behaviour of printed windings and presents some useful elements connected with the designing of this type of machines.

DC 621.313.333.2 – 573 : 665.5

Berechet, M. : **A new method of starting the low-tension asynchronous electromotors with short-circuited rotors and its applications in oil and gas fields.**

Electrotehnica 13, nr. 7, july 1965, p. 252–258

A new method of starting the low-tension asynchronous electromotors with short-circuited rotors is described. The new method with closed circuit transition ensures an important starting moment, introduces the automation of controls and eliminates the utilization of starting autotransformers by using a minimum number of contactors.

DC 621.315.61 : 389.6

Popescu, Ch. and *Lefter, C.* : **The world-wide standardization activity in the field of electroinsulating materials.**

Electrotehnica 13, nr. 7, july 1965, p. 258–264

Some information is given concerning the stage of works carried out and recommendations made by the International Electrotechnical Commission through the various working groups of the Committee nr. 15 in the field of electroinsulating materials. The insulating materials are particulary interesting to the builders of electrical machines, apparatus and equipment, since the improvement of the quality of these materials is one of the key factors of progress in the mentioned fields. As an expression of this interest, the authors suggest the publication of periodical informations concerning the works of the I.E.C.relating to insulating materials. The present article represents one of these informations whose necessity is emphasized by the fact that the next annual session which is to be held in Tokyo (1965) is expected to reorganize the working system of the Committee nr. 15. Particular attention is paid to the short-time tests, thermic stability and specifications and testing methods.

THE YOUNG ENGINEER'S GUIDE

DC 621.318.001.13: 621.327.43

Vasiliu, Al. : **Contributions to the designing and construction of fluorescent lamp choke coils with economic optimum considerations.**

Electrotehnica 13, nr. 7, july 1965, p. 264–267

REVIEWS 268–270
ABSTRACTS 270–273
CHRONICLE 274–275
BRIEF NEWS 276

SOMMAIRE

Éditorial

Electrotehnica 13, no. 7, juillet 1965, p. 241–242

CD 621.313.2.013.4

Petrescu, Gh. : **Une nouvelle méthode d'investigation concernant les chutes de tension dans les machines électriques à collecteur.**

Electrotehnica 13, no.7, juillet 1965, p. 243–247

Prenant comme prémisse la constatation que, dans les machines de courant continu à collecteur, la tension électromotrice induite dans une spire, ainsi que le courant qui passe par une spire, sont alternatifs, l'auteur veut préciser si ce courant alternatif produit ou non une chute de tension inductive dans le bobinage de l'induit, même lorsque celui-ci serait pourvu intentionnellement d'un shunt magnétique. En appliquant aux spires de l'induit la théorie générale des courants alternatifs, il démontre qu'il n'intervient dans les balais de la machine qu'une chute de tension ohmique, conclusion confirmée par l'analyse des phénomènes physiques d'alternance du courant, déterminés par le collecteur.

CD 621.313.29.045.15.001.24

Lăzăroiu, D. F. : **Quelques considérations concernant l'élaboration des projets pour les machines électriques à enroulements réalisés à base de circuits imprimés.**

Electrotehnica 13, no. 7, juillet 1965, p. 247–252

Après avoir transformé l'appareillage électronique, les circuits imprimés interviennent avec succès comme bobinage dans certaines machines électriques rotatives. Dans cet article on présente le comportement thermique des bobinages imprimés et l'on spécifie les éléments utiles pour l'établissement du projet de ce type de machines.

CD 621.313.333.2 – 573 : 665.5

Berechet, M. : **Nouvelle méthode de démarrage des électromoteurs asynchrones de basse tension, avec le rotor en court-circuit, et l'application de cette méthode dans les exploitations du pétrole et des gaz.**

Electrotehnica 13, no. 7, juillet 1965, p. 252–258

On présente une nouvelle méthode de démarrage des électromoteurs asynchrones de basse tension ayant le rotor en court-circuit. La nouvelle méthode à transition en circuit fermé assure un important couple de démarrage, introduit l'automation des commandes et élimine l'utilisation de l'autotransformateur de démarrage, tout en utilisant un nombre minimum de contacteurs.

CD 621.315.61 : 389.6

Popescu, Ch. et *Lefter, C.* : **L'activité de standardisation sur le plan international dans le domaine des matériaux électroisolants.**

Electrotehnica 13, no. 7, juillet 1965, p. 258–264

On présente le stade des travaux et des recommandations élaborées par la Commission électrotechnique internationale dans le domaine des matériaux électroisolants, par le 15-ème Comité qui est formé de plusieurs groupes de travail. Les matériaux isolants présentent un grand intérêt pour les constructeurs de machines, d'appareils et d'installations électriques, l'amélioration de la qualité de ces matériaux constituant une des voies du progrès dans les domaines mentionnés. A cause de cet intérêt, les auteurs proposent la publication d'informations périodiques concernant les travaux de la C.E.I. dans le domaine des matériaux électrotechniques. Cet article fait partie de la série de ces informations, dont la nécessité est d'autant plus évidente qu'à la prochaine session annuelle qui aura lieu à Tokyo (1965) on a l'intention d'organiser le système de travail du 15-ème Comité.

On insiste sur les essais de courte durée, sur la stabilisation thermique, ainsi que sur les spécifications et les méthodes d'essai.

RUBRIQUE DU JEUNE INGENIEUR

CD 621.318.381.001.13 : 621.327.43

Vasiliu, Al. : **Contributions à l'élaboration des projets et à la construction des bobines de choc pour les lampes fluorescentes en tenant compte de l'optimum économique.**

Electrotehnica 13, no. 7, juillet 1965, p. 264–267

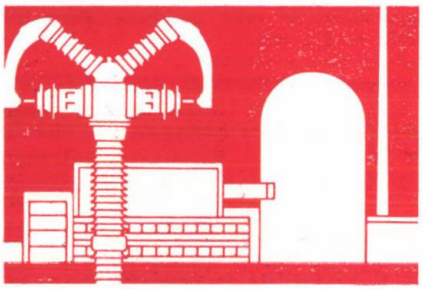
COMPTES RENDUS 268–270
EXTRAITS 270–273
CHRONIQUE 274–275
BREVES NOUVELLES 276

Instalații și aparataje electrice de orice fel

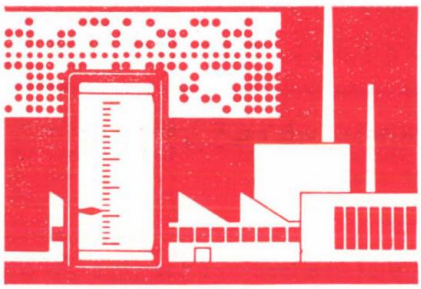
Studii Proiecte Producție

1 Producția și distribuția de energie
2 Aplicațiuni de energie electrică
3 Trafic
4 Furnizarea de produse tehnice
5 Aparate pentru uzul casnic

Inginerii dela AEG stau la dispoziție în rezolvarea de orice fel de probleme în domeniul electrotehnicei. Vă rugăm să ne scrieți dacă doriți să profitați de experiența noastră.

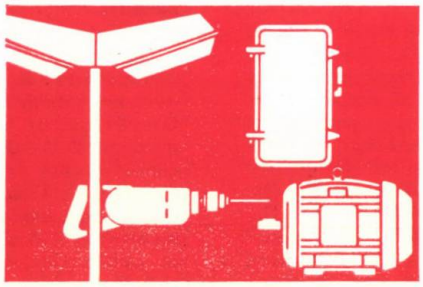


1

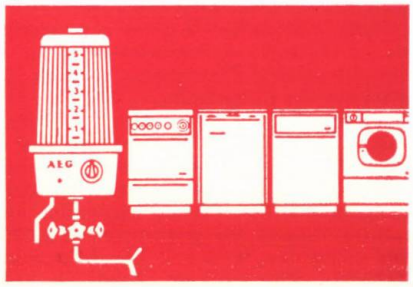


2

3



4

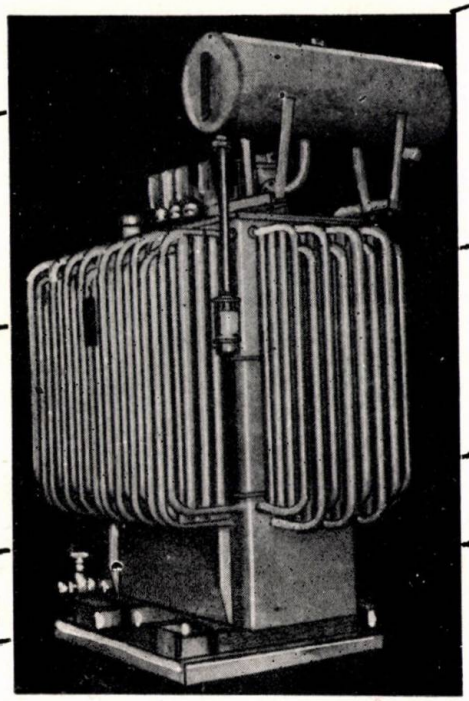


5

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁRES DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

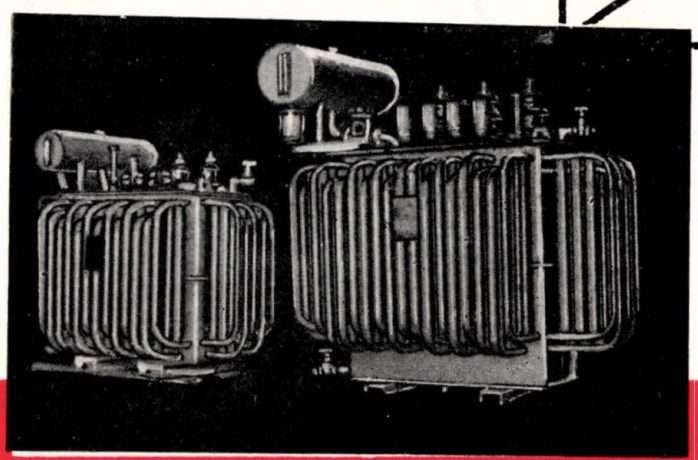
AEG

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT
Export-Abteilung
Frankfurt (Main) BRD



TRANSFORMATOARE DE PUTERE ÎN ULEI

100 — 1600 kVA
pînă la 35 kV
înfăşurări din aluminiu
miez din tablă laminată la rece
nivel scăzut de pierderi
rezistente la scurtcircuit brusc

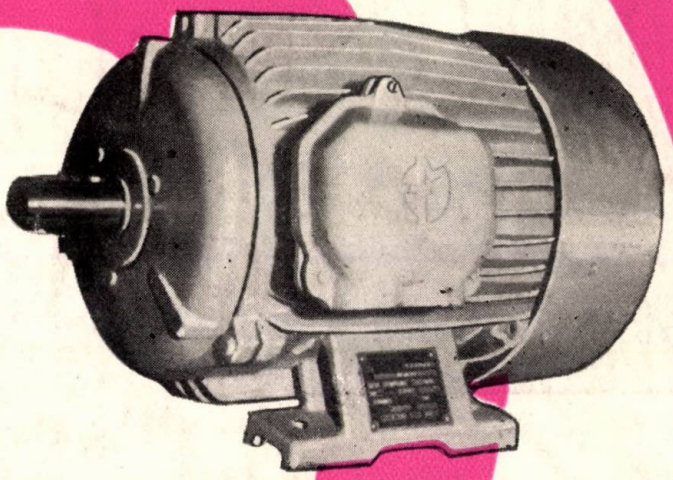


uzinele ELECTROPUTERE craiova

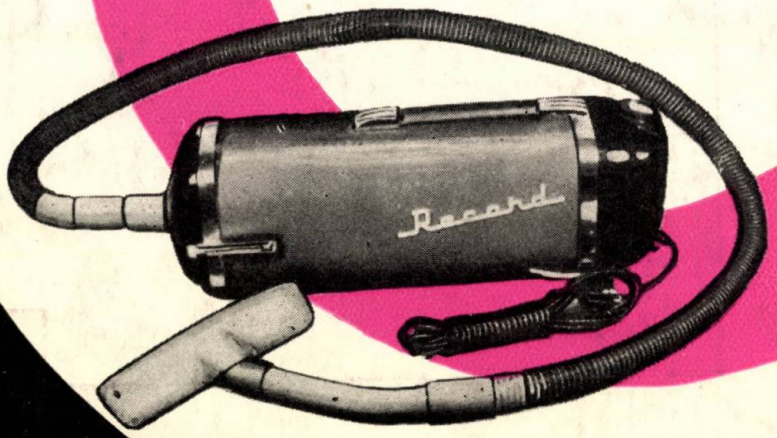
ELECTROMOTOR

1965 NOV 25

- ventilatoare de masă cu cadru sau suport
- relee regulatoare pentru tractoare și autovehicule
- generatoare de curent continuu pentru tractoare și autovehicule
  motoare și reostate pentru mașini de cusut electrice
- motoare pentru antrenarea spălătorului și centrifugei mașinilor de spălat rufe „ALBA—LUX"



- motoare electrice asincrone trifazate cu rotorul in scurtcircuit, protecție IP 44, de 4 — 30 kW, și cu rotorul cu inele de contact, de 5,5 — 22 kW
- aspiratoare de praf tip „Record"

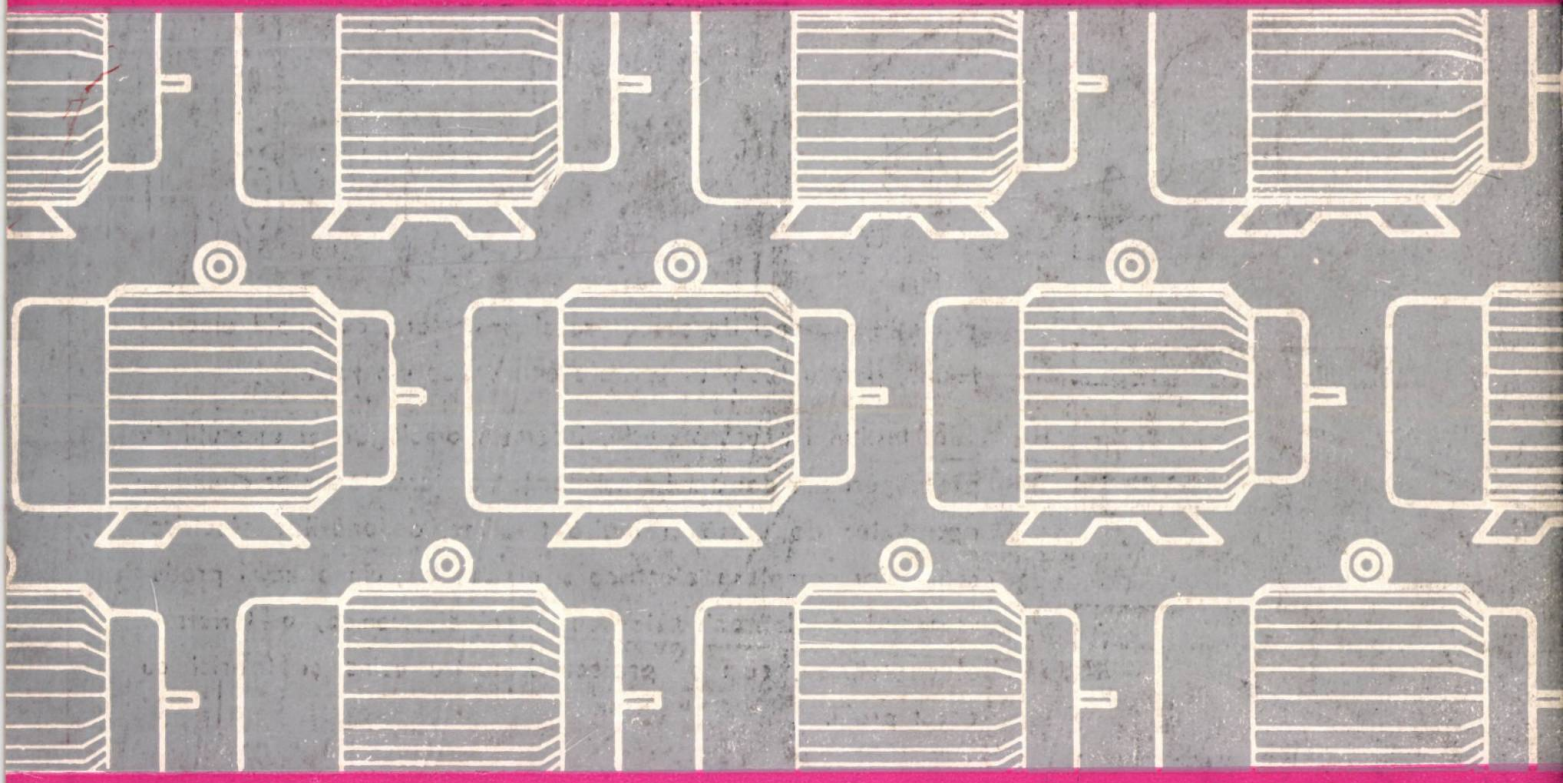


E 2040

BIBLIOTECA

R

ELECTROTEHNICA



ELECTROTEHNICA ● BUCUREŞTI ● ANUL 13 ● NR. 8 ● PAGINA 277 — 312 ● AUGUST 1965

8

MICM

ICPE

INSTITUTUL DE CERCETARE ŞI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

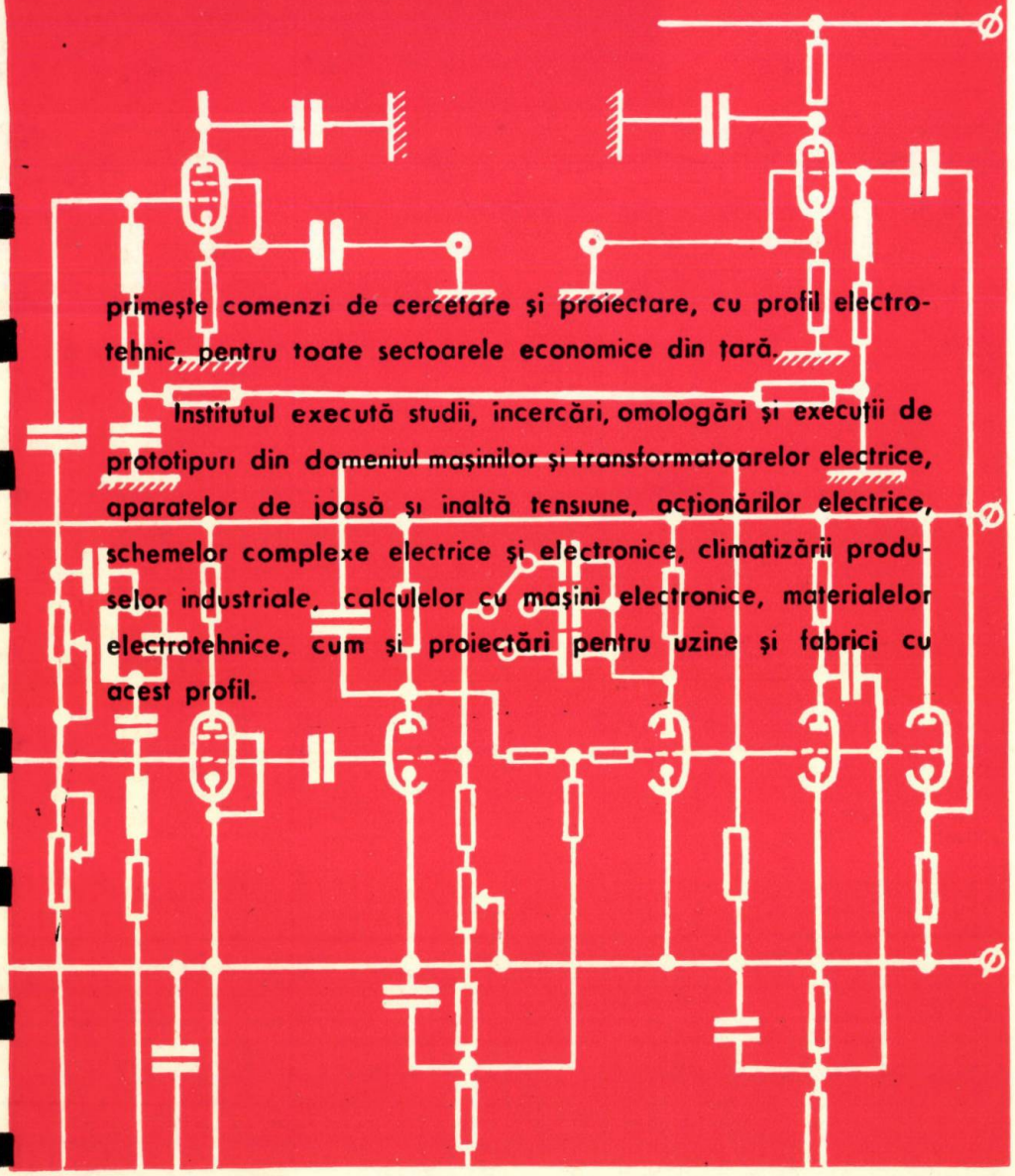
din Bucureşti. Bd. T. Vladimirescu 45, telefon 16.41.40—16.41.48

Научно-исследовательский и Проектировочный институт по вопросам электропромышленности

Electrical Engineering and Research Institute

Forschungs-und Projektierungsinstitut für die Elektroindustrie

Institut de Recherches et Projets pour l'industrie Électrotechnique



primeşte comenzi de cercetare şi proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din ţară.

Institutul execută studii, încercări, omologări şi execuţii de prototipuri din domeniul maşinilor şi transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă şi înaltă tensiune, acţionărilor electrice, schemelor complexe electrice şi electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu maşini electronice, materialelor electrotehnice, cum şi proiectări pentru uzine şi fabrici cu acest profil.

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

ELECTROTEHNICA

Anul 13 nr. 8 august 1965

CUPRINS

CZ 621.312 (498) „1966–1970"

Editorial

Electrotehnica 13, nr. 8, august 1965, p. 277–278

CZ 621.313.33 – 573.2.012.6

Oprendeck, B.: **Considerații asupra caracteristicii mecanice a mașinilor de inducție.**

Electrotehnica 13, nr. 8, august 1965, p. 279–285

Se deduc expresiile analitice generalizate ale caracteristicii mecanice a mașinilor de inducție. Se insistă asupra diferenței esențiale între caracteristica statică și cea dinamică. Se dau indicații asupra folosirii rezultatelor în probleme de acționări și în probleme de înregistrări oscilografice ale cuplului. Valabilitatea concluziilor este subliniată de un bogat material experimental.

CZ 621.314.222 ; 621.312.002.6 (498)

Colnăreanu, I.: **O serie nouă de transformatoare de putere fabricate de Întreprinderea „Electrotehnica".**

Electrotehnica 13, nr. 8, august 1965, p. 286–290

Se prezintă o serie nouă de transformatoare de putere mică, în ulei, cu performanțe superioare, rezistente la șoc dinamic și la undă de impuls. Se arată anumite detalii constructive care au permis obținerea de rezultate pozitive, cum și avantajele tehnico-economice atît pentru producător, cît și pentru beneficiar.

CZ 621.316.545.1.027.6.064.33

Tănăsescu, Fl.: **Separatorul de sarcină, aparat de comutație în rețelele de medie tensiune.**

Electrotehnica 13, nr. 8, august 1965, p. 291–297

După o succintă prezentare a stadiului actual în domeniul construcției de separatoare de sarcină și a diferitelor tipuri realizate în tehnică, se indică domeniile în care acestea capătă o tot mai largă aplicare. Analiza arată, ca avantajoase, tipurile de separatoare de sarcină cu camere plate din material gazogen, la a căror fabricație se poate trece, fără dificultăți mari tehnologice, de la seriile normale de separatoare de tensiune. În încheiere se prezintă rezultatele experimentale și oscilogramele obținute la încercarea la putere de rupere a unor asemenea aparate.

CZ 621. 382.333.3: 621.316.53

Vărzaru, E.: **Contactoare statice cu tiristoare.**

Electrotehnica 13, nr. 8, august 1965, p. 297–302

După descrierea sumară a proprietăților tiristoarelor se analizează utilizarea acestora în locul contactoarelor electromecanice convenționale. Se descriu scheme de contactoare statice de curent alternativ și de curent continuu și se prezintă avantajele acestora în comparație cu contactoarele electromecanice.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

CZ 621.315.612.172 ;539.32

Melconian, V. și *Marcus, B.*: **Determinarea modulului de elasticitate pe cale nedistructivă la materiale ceramice electrotehnice.**

Electrotehnica 13, nr. 8, august 1965, p. 302–305

Se prezintă caracterizarea fizică a modulului de elasticitate în cazul materialelor sinterizate de natură ceramică, metoda dinamică nedistructivă pentru determinarea modulului longitudinal E și a celui transversal G. Se arată rezultatele măsurărilor efectuate, cum și concluziile care se pot trage din aceste determinări.

RECENZII 306–307

REFERATE 307–310

CRONICĂ 311–312

SCURTE ȘTIRI 312

RECOMANDĂRI
pentru autori

1. Lucrările care pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de documentele de partid şi de stat privind îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat, fixînd premisele de la care s-a pornit problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic — ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă, literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, greceşti, germane şi cifrele romane.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum şi figuri sau tabele), atît cele speciale, cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcrieri originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus, în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteză), revista, volumul, luna, numărul, anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină (faţă), la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titlul, funcţiile, localitatea şi adresa domiciliului, numărul de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.312 (498) „1966–1970"

Передовая статья.

Electrotehnica, 13, № 8, август 1965, стр. 277–278

ДК 621.313.33–573.2.012.6

Опрендек, Б.: **О механической характеристике индукционных машин.**

Electrotehnica, 13, № 8, август 1965, стр. 279–285

Выводятся обобщенные аналитические уравнения механической характеристики индукционных машин. Особое внимание уделяется основному различию между статической и динамической характеристиками. Даются указания относительно использования результатов применительно к вопросам привода и осциллографической регистрации момента. Значение заключений подтверждается обширным экспериментальным материалом.

ДК 621.314.222: 621.312-002.6(498)

Котнаряну, И.: **Новая серия силовых трансформаторов, выпускаемых предприятием "Электротехника".**

Electrotehnica 13, № 8, август 1965, стр. 286–290

Описывается новая серия маломощных трансформаторов в масляном исполнении. Подчеркиваются высокие параметры трансформаторов, устойчивость на динамический удар и на импульсные волны. Приводится ряд конструктивных деталей, способствовавших достижению положительных результатов, а также технико-экономические преимущества для изготовителя и заказчиков.

ДК 621.316.545.1.027.6.064.33

Тэнэсеску Ф.: **Разделитель нагрузки, коммутационный аппарат в сетях напряжения.**

Electrotehnica 13, № 8, август 1965, стр. 291–297

После краткого освещения положения, существующего в области конструирования разделителей нагрузки приводятся различные конструкции и указываются области их весьма широкого применения. Анализ показывает преимущества контструкции разделителей нагрузки с плоскими камерами из газогенного материала, производство которых является возможным без особых технологических затруднений, с переходом к выпуску нормальных серий разделителей напряжения. В заключение приводятся экспериментальные результаты и осциллограммы, полученные при испытании на разрыв подобных аппаратов.

ДК 621.382.333.3: 621.316.53

Варзару Е.: **Тиристорные статические контакторы.**

Electrotehnica 13, № 8, август 1965, стр. 297–302

После краткого описания свойств тиристоров, анализируется их применение вместо условных электромеханических контакторов. Описываются схемы статических контакторов переменного и постоянного токов и отмечаются их преимущества по сравнению с электромеханическими контакторами.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621.315.612.172: 539.32

Мелконян, В. и *Марку, Б.:* **Определение модуля эластичности электротехнических керамических материалов недеструктивным способом.**

Electrotehnica 13, № 8, август 1965, стр. 302–305

Освещается физическая характеристика модуля эластичности керамических синтеризованных материалов, рассматривается недеструктивный динамический метод определения продольного (E) и поперечного модуля (G). Приводятся результаты проведенных измерений, а также соответствующие заключения.

РЕЦЕНЗИИ 306–307

РЕФЕРАТЫ 307–310

ХРОНИКА 311–312

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ 312

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.312 (498) „1966–1970"

Leitartikel.

Electrotehnica 13, H. 8, August 1965, S. 277–278

DK 621.313.33 – 573.2.012.6

Oprendeck, B. : **Erwägungen über mechanische Kennwerte von Induktionmaschinen.**

Electrotehnica 13, H. 8, August 1965, S. 279–285

Es werden die verallgemeinerten analytischen Ausdrücke der mechanischen Kennwerte der Indusktionsmaschinen abgeleitet. Dabei wird auf den wesentlichen Unterschied zwischen dem statischen und dem dynamischen Kennwert hingewiesen. Es werden Angaben über die Verwendung der Ergebnisse in Problemen des Antriebs und in Problemen der oszillographischen Registrierung des Drehmoments angeführt. Durch ein reichhaltiges Versuchsmaterial wird die Gültigkeit der Schlussfolgerungen unterstrichen.

DK 621.314.222 ; 621.312.002.6 (498)

Cotnăreanu, I. : **Eine neue im „Electrotehnica" - Betrieb gebauten Serie von Leistungstransformatoren.**

Electrotehnica 13, H. 8, August 1965, S. 286–290

Der Verfasser beschreibt eine neue Serie von Transformatoren kleiner Leistung, mit Ölkühlung und hohem Wirkungsgrad, die gegen dynamische Stromstösse und Stosswellen widerstandsfähig sind. Es werden gewisse bauliche Einzelheiten durch die positiven Ergebnisse erzielt werden konnten angegeben und die technisch-wirtschaftlichen Vorteile sowohl für den Hersteller als auch den Kunden unterstrichen.

DK 621.316.545.1.027.6.064.33

Tănăsescu, Fl. : **Der Lasttrenner, Umschaltapparat in Mittel-Spannungsnetzen.**

Electrotehnica 13, H. 8, August 1965, S. 291–297

Nach einer kurzen Darstellung des gegenwärtigen Standes im Bereich des Baus von Lasttrennern und der verschiedenen in der Technik entwickelten Typen, werden die Gebiete angeführt, wo sie eine immer breitere Anwendung finden. Eine Analyse zeigt, dass die Lasttrennertypen mit flachen Kammern aus gaserzeugendem Material am vorteilhaftesten sind, zu deren Herstellung ohne grosse technologische Schwierigkeiten übergegangen werden kann. Abschliessend werden die Versuchsergebnisse und die bei der Prüfung der Unterbrechnungsleistung solcher Apparate erzielten Oszillogramme dargelegt.

DK 621.382.333.3 ; 621.316.53

Vărzaru, E. : **Statische Schützer mit Tiristoren.**

Electrotehnica 13, H. 8, August 1965, S. 297–302

Nach einer kurzen Beschreibung der Eigenschaften der Tiristoren wird deren Verwendung an Stelle von gebräuchlichen elektromechanischen Schützern analysiert. Es wird die Schaltung der statischen Schützern für Wechselstrom und Gleichstrom und deren Vorteile im Vergleich zu den elektromechanischen Schützern dargelegt.

FUR DEN JUNGEN INGENIEUR

DK 621.315.612.172 ; 539.32

Melconian, V. und *Marcus, B.* : **Zerstörungsfreie Bestimmung des Elastizitätsmoduls bei elektrotechnischen Keramikstoffen.**

Electrotehnica 13, H. 8, August 1965, S. 302–305

Der Elastizitätsmodul bei gesinterten Keramikstoffen wird vom physikalischen Standpunkt charakterisiert und das zerstörungsfreie dynamische Verfahren zur Bestimmung des Längsmoduls E und des Quermoduls G dargelegt. Ferner werden die Ergebnisse der durchgeführten Messungen und die aus diesen Bestimmungen folgernden Schlüsse angeführt.

BUCHBESPRECHUNGEN 306–307
REFERATE 307–310
CHRONIK 311–312
KURZNACHRICHTEN 312

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1832

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

Anul 13 Nr. 8 București, august 1965

Ridicarea nivelului tehnic al producției electrotehnice în cincinalul viitor

Ing. R. VLĂDOIANU

Director general în Ministerul Industriei Construcțiilor de Mașini

CZ 621.312(498) „1966–1970"

Toți oamenii muncii din țara noastră au urmărit cu cel mai mare interes și cu nețărmurită însuflețire lucrările Congresului al IX-lea al Partidului Comunist Român, eveniment de importanță istorică deosebită în viața poporului nostru. În lucrările Congresului un element central l-au constituit discutarea și aprobarea Directivelor cu privire la dezvoltarea economiei naționale în perioada 1966–1970, care – pe baza unei profunde analize politice și economice – precizează că și pe viitor, conform principiului industrializării socialiste, ritmul de creștere al producției mijloacelor de producție va rămîne superior celui mediu al creșterii producției industriale.

În cadrul creșterii rapide – în medie cu 12% pe an – a producției industriei constructoare de mașini cea mai puternică dezvoltare o va avea industria electrotehnică, cu un ritm mediu de cel puțin 16% pe an. Această măsură are ca scop satisfacerea în măsură crescîndă a volumului sporit de mașini și aparate electrice, de un sortiment tot mai variat, de nivel tehnic înalt și de calitate ireproșabilă, pe care le necesită înzestrarea sistemului energetic național, în conformitate cu prevederile Directivelor privind planul de 10 ani pentru dezvoltarea energetică, perfecționarea mașinilor cu care vor fi dotate toate ramurile industriei, agriculturii și transporturilor, prin sporirea înzestrării energetice și a gradului de automatizare a acestor mașini, cum și creșterea cererilor de bunuri de folosință îndelungată ale populației.

Industria electrotehnică a avut o dezvoltare rapidă și în anii 1960–1965, realizînd în această perioadă o creștere de 4,2 ori, așa încît încă din anul 1963 a fost depășit nivelul prevăzut în planul șesenal pentru anul 1965. În această perioadă s-au dotat cu utilaje de nivel tehnic avansat numeroase fabrici și s-au construit secții și fabrici noi, au fost modernizate, practic, toate produsele și s-au pus în fabricație de serie produse de tehnicitate ridicată, cum sînt locomotivele Diesel electrice, transformatoarele de 220 kV, cablurile de forță cu izolație din masă plastică și altele. Cu toate aceste realizări, creșterea rapidă a cererii de produse electrotehnice a întregii economii naționale a făcut ca, în ultima perioadă, industria electrotehnică să nu poată acoperi în întregime cererile la unele sortimente.

Pentru a asigura creșterea producției industriei electrotehnice, în conformitate cu cerințele, fondurile pentru investiții ce se vor aloca acestei ramuri în viitorii 5 ani vor fi de aproape trei ori mai mari decît în cei 5 ani precedenți. Investițiile ce se vor efectua se caracterizează prin concepția tehnică avansată și prin marea lor eficiență economică. Fondurile vor fi alocate, în principal, pentru crearea de secții integrate, în care se vor realiza produse cu parametri ridicați, cu ajutorul mașinilor și utilajelor adecvate, de mare productivitate. În felul acesta se vor obține importante reduceri ale costurilor de producție, cheltuielile de investiții putînd fi amortizate în scurt timp.

În ce privește industria electrotehnică de curenți tari, se vor dezvolta, în special, capacitățile de producție de motoare electrice asincrone, micromotoare, aparataj electric de înaltă și joasă tensiune, echipament electric pentru vehicule, materiale electroizolante, cabluri, materiale electroceramice, conductoare și acumulatoare.

Astfel, pentru producția electromotoarelor asincrone trifazate cu puteri pînă la 7,5 kW se va construi o fabrică nouă, bazată pe tehnologia în flux continuu, cu transport prin conveiere. În această fabrică se vor aplica procedee tehnologice noi, cu un înalt grad de automatizare pentru prelucrarea mecanică, turnarea carcaselor (direct pe pachetul de tole), impregnare și vopsire. Controlul va fi complet automatizat, asigurînd astfel calitatea ireproșabilă a produselor. Concepția tehnologică avansată ce se va aplica în noua fabrică va spori productivitatea muncii cu peste 30% și va permite amortizarea cheltuielilor de investiții necesare în circa 3 ani, iar capacitatea sa ridicată va asigura o producție de 2,5 ori mai mare decît actuala producție de motoare de acest fel.

Producția motoarelor electrice mai mari de 7,5 kW se va dezvolta prin creșterea suprafețelor de producție și reutilarea actualei fabrici de mașini electrice rotative de la „Uzina de Mașini Electrice"-București și Uzinele „Electro-

putere"-Craiova, pe baza restudierii proceselor tehnologice.

Pentru creșterea producției de micromotoare se va construi o secție nouă, cu o capacitate de 2,5 ori mai mare decît cea actuală. Secția va fi înzestrată cu utilaje specializate de mare productivitate, ca : mașină de bobinat automată, mașini agregat de prelucrat scuturi, automat de impregnare.

Aici se va concentra întreaga producție de motoare pentru aspiratoare de praf, mașini de spălat rufe, mașini de cusut și altele. Micromotoarele vor fi în întregime reproiectate, pentru sporirea tehnologicității și a parametrilor lor.

Toate măsurile arătate vor asigura realizarea sarcinii trasate de Directivele Congresului, de a se realiza în cursul anului 1970 o producție de motoare electrice cu o putere de 2000–2400 MW.

Pentru dezvoltarea producției de aparataj electric de înaltă tensiune este în construcție și va fi dată în funcțiune în anul viitor o hală nouă, în cadrul Uzinelor „Electroputere", cu o capacitate de circa 4 ori mai mare decît cea actuală, lichidîndu-se complet deficitul de capacitate actual și creîndu-se și o rezervă de capacitate pentru export.

Noua secție va produce aparate cu tensiuni pînă la 220 kV, întreruptoare cu ulei puțin, cu putere de rupere pînă la 12000 MVA, transformatoare de măsură în rășini de turnare etc.

Producția de aparataj de joasă tensiune și de instalații va crește de circa 2,9 ori, prin dezvoltarea întreprinderii „Electroaparataj"-București, îmbunătățindu-se atît concepția produselor, cît și tehnologia de fabricație. Spre exemplu, durata de viață a contactoarelor va fi de aproape 3 ori mai mare decît în prezent.

Pentru sporirea producției și modernizarea fabricației de echipamente electrice pentru autovehicule și tractoare se va dezvolta și specializa Întreprinderea „Electroprecizia"-Săcele. În cadrul acestei acțiuni se prevede introducerea de alternatoare în locul dinamurilor pentru autocamioane, ruptoare și regulatoare de tensiune tranzistorizate, bobine de inducție în ulei și alte perfecționări, care vor duce la mărirea siguranței în exploatare și a duratei de viață a aparatelor.

Conform Directivelor, producția de acumulatoare de plumb, concentrată la Întreprinderea „Acumulatorul"-București, va spori de 2,5 ori. În acest scop fabrica va fi dotată cu utilaje noi de mare productivitate, care vor permite să se pună în fabricație acumulatoare cu performanțe ridicate, în special în ce privește descărcarea la șoc și durata de viață. Numărul de cicluri va crește de pînă la 6 ori față de tipurile actuale (la acumulatoarele pentru auto). Cheltuielile pentru dezvoltarea fabricii și realizarea noilor tipuri de acumulatoare se vor amortiza în circa un an numai prin economiile ce se vor obține prin creșterea duratei de viață a acumulatoarelor.

Exemplele arătate reprezintă numai cîteva dintre principalele obiective, care urmează să fie realizate de industria electrotehnică în cincinalul viitor. Ele ilustrează faptul că noile capacități de producție sînt astfel concepute încît să realizeze, în condiții de eficiență economică ridicată, produse la nivel tehnic deosebit de ridicat. Și în cadrul fabricilor actuale se vor pune în fabricație numeroase produse noi, corespunzătoare tehnicii actuale. Menționez numai locomotivele electrice de 6580 CP cu care vor fi înzestrate căile noastre ferate. Aceste locomotive, dintre care prima va fi livrată încă în anul 1966, vor fi înzestrate cu transformator cu reglaj sub sarcină, redresoare cu siliciu și motoare de tracțiune de curent continuu de 900 kW putere unitară.

O atenție deosebită va trebui să acorde industria electrotehnică înzestrării cu capacitățile de producție necesare propriilor sale nevoi în creștere. În acest scop, se vor dezvolta corespunzător secțiile de trefilare și secțiile de producție de conductoare izolate, cum și fabricile de izolatoare ceramice și de materiale electroizolante.

Pentru a corespunde cerințelor noilor tipuri de mașini și aparate electrice, urmează să se asimileze noi materiale izolante, ca : rășini și lacuri poliesterimide, folii sintetice, hîrtie de mică și altele. De asemenea, vor trebui dezvoltate corespunzător capacități de producție în alte ramuri ale economiei pentru a asigura necesarul de materii prime al industriei electrotehnice : metale neferoase pentru conductoare, materii prime pentru izolatoare ceramice, hîrtii pentru cabluri și condensatoare, materiale plastice cu calități dielectrice superioare și altele.

O importanță deosebită va avea dezvoltarea posibilităților proprii de cercetare și proiectare, prin înzestrarea corespunzătoare a laboratoarelor uzinale și prin dezvoltarea Institutului de Cercetări și Proiectări Electrotehnice. Printre laboratoarele ce urmează a se realiza în cursul cincinalului pentru sporirea posibilităților de cercetare, trebuie menționat laboratorul de foarte înaltă tensiune și cel de mare putere de rupere, care se vor construi la Uzinele „Electroputere"-Craiova. Aceste laboratoare vor fi înzestrate cu o stație de impuls de 2400 kV și 180 kJ și generatoare sincrone de șoc pentru o putere de rupere de 5000 MVA.

Inginerii, proiectanții, cercetătorii și conducătorii proceselor de producție, împreună cu muncitorii și toți ceilalți lucrători din industria electrotehnică sînt hotărîți să folosească întreaga lor capacitate creatoare și puterea lor de muncă pentru a asigura dezvoltarea industriei electrotehnice în conformitate cu Directivele Congresului al IX-lea al Partidului Comunist Român, pentru a-și aduce astfel contribuția lor la înflorirea patriei noastre socialiste.

Considerații asupra caracteristicii mecanice a mașinilor de inducție

Bernard Oprendeck* — Timișoara

CZ 621.313.33-573.2.012.6

Folosirea din ce în ce mai largă a motorului de inducție, precum și exigențele crescînde de calitate motivează lucrările recente apărute în legătură cu caracteristica mecanică, cu determinarea ei experimentală și cu comportarea mașinii în regim dinamic.

Lucrarea aceasta tinde, prin generalizare teoretică, să clarifice unele probleme de principiu legate de caracteristica mecanică a mașinii de inducție. De asemenea, ținînd seamă că calculele analitice în domeniul, relativ nou, al comportării dinamice au mai mult un rol informativ, se urmărește printr-o largă cercetare experimentală stabilirea ordinului de mărime al parametrilor în cauză.

Caracteristica mecanică statică

Expresia analitică a caracteristicii mecanice statice $C = f(n)$ este dată de obicei sub forma canonică, în valori relative față de cuplul maxim C_{max} și în funcție de alunecarea S:

$$\frac{C}{C_{max}} = \frac{2(1+\varepsilon)}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S} + 2\varepsilon} = f_1(S). \qquad (1)$$

Alura curbei este reprezentată în figura 1.

Relația (1) se pretează bine pentru calcule analitice, însă nu reprezintă decît o mare aproxi-

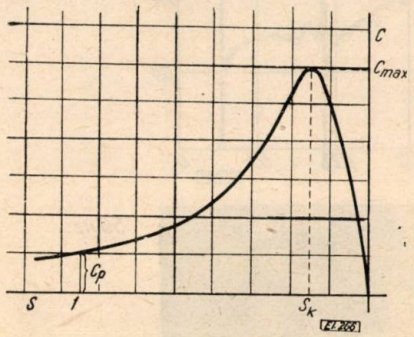


Fig. 1. Caracteristica mecanică statică a mașinii de inducție conform relației

$$\text{clasice}\ \frac{M}{M_k} = \frac{2(1+\varepsilon)}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S} + 2\varepsilon}.$$

mare a fenomenelor. Ținînd seamă că, practic, toate mașinile de inducție au parametrii variabili sau chiar folosesc efectul de refulare și, de asemenea, că orice mașină are armonici superioare în repartiția solenației, rezultă drept formulă generală:

$$\frac{C}{C_{max}} = k(S)\frac{2(1+\varepsilon)}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S} + 2\varepsilon} + \sum C\nu_{as} + \sum C\nu_{sincr}, \qquad (2)$$

unde:

$k(S)$ = factor de corecție (funcție crescătoare cu S) ține cont de efectul de refulare;

$$C\nu_{as} = \frac{\nu p}{\omega} Z_2 R_{2\nu} \frac{S_\nu X_{2\mu\nu}^2}{R_{2\nu}^2 + S_\nu^2 (X_{2\mu\nu} + X_{2\sigma\nu})^2} I_1'^2 = f_2(S), \qquad (3)$$

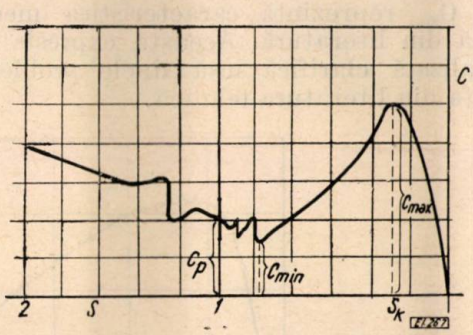


Fig. 2. Caracteristica mecanică statică reală a unui motor de inducție.

expresia cuplului parazit asincron conform [1 pag. 179]

$$C\nu_{sinc} = C_{k\mu\nu b} \sin\left(k_{2a}\frac{Z_2}{p}\frac{\pi}{\tau} X_2' - p\nu_a\right) = f_3(\theta_\nu), \qquad (4)$$

expresia cuplului parazit sincron conform [1 pag. 191].

Relația (2) reprezintă practic alura curbei reale, însă din cauza complexității nu mai poate fi folosită eficient în calculele de acționări. Se preferă în acest caz calculul grafoanalitic pe baza caracteristicii ridicată experimental și dată sub forma grafică (fig.2).

Trebuie arătat că literatura nu subliniază că relația (2) sau curba din figura (2) reprezintă numai cuplul mediu în timp, deci:

$$\begin{cases} C = \frac{1}{T}\int_0^T c(n, t)\, dt \\ \tau°C = c^{st}, \end{cases} \qquad (5)$$

unde c este valoarea momentană a cuplului pentru o temperatură constantă a mașinii.

* Ing. *B. Oprendeck* este șef de lucrări la Institutul politehnic — Timișoara.

Peste aceste valori medii, în realitate, se suprapun întotdeauna cupluri pulsatorii de natură electromagnetică sau mecanică, dar mărimea acestora va varia de la caz la caz. Pulsaţiile cele mai mari sînt date de cuplurile pendulare c_p provenite din cuplurile sincrone care au θ_ν variabil [4]. De asemenea aceste pulsaţii pot proveni din cauza reluctanţei variabile cu unghiul α, din cauza ancoşării. Tot în acelaşi sens se face resimţit dezechilibrul static sau dinamic şi fenomenele de rezonanţă care produc cupluri suplimentare de vibraţii c_ν .

In esenţă deci, şi în regimul staţionar, cuplul la arbore apare ca o funcţie complexă.

$$c = \varphi(n, \alpha, \theta, t, \tau) \tag{6}$$

sau

$$c = C_{med} + c_{puls} = C(n,\tau) + \sum C\nu_{as}(n,\tau) + \\ + \sum C\nu_{sinc}(\theta_\nu\tau) + \sum C_{supl}(n,\theta\tau) + \sum c_\nu(\alpha,\tau) + \\ + \sum c_p(\theta,\tau) + \sum c_{supl}(n,\alpha,\theta,\tau), \tag{7}$$

unde C_{med} reprezintă caracteristica mecanică statică din literatură. Această expresie foarte generalizată clarifică însă unele probleme şi dispute din literatura tehnică.

du-se un proces funcţie de timp, se vor înregistra în mod necesar şi componentele c_{puls}, care pot, în unele cazuri, să dea curbei o alură cu totul diferită de cea clasică. De exemplu în figura 3 se arată comparativ : *a* curba clasică $C = f(n)$ ridicată prin puncte şi *b* oscilograma cuplului într-un proces de lansare.

Pendulările cuplurilor sincrone, precum şi cuplurile mari de vibraţii deformează în aşa măsură alura curbei de bază, încît nu există nici o asemănare cu cea iniţială şi nici nu poate fi folosită astfel. Netezirea artificială cu filtre elimină pulsaţiile dar modifică în mod inadmisibil curba de bază.

Din relaţia (7) rezultă că oscilograma va putea să redea caracteristica statică numai în cazul particular cînd componentele pulsatorii sînt neglijabile $c_{puls} = 0$, după cum se vede în figura 4.

Incercările executate la un număr mare de maşini (peste 40 buc.) între 10—40 kW şi 750—3000 rot/min au arătat că, de fapt, cazul normal, cel mai des întîlnit, se află între cele două extreme prezentate.

O altă consecinţă importantă pentru practică rezultă cu privire la definirea şi măsurarea cu-

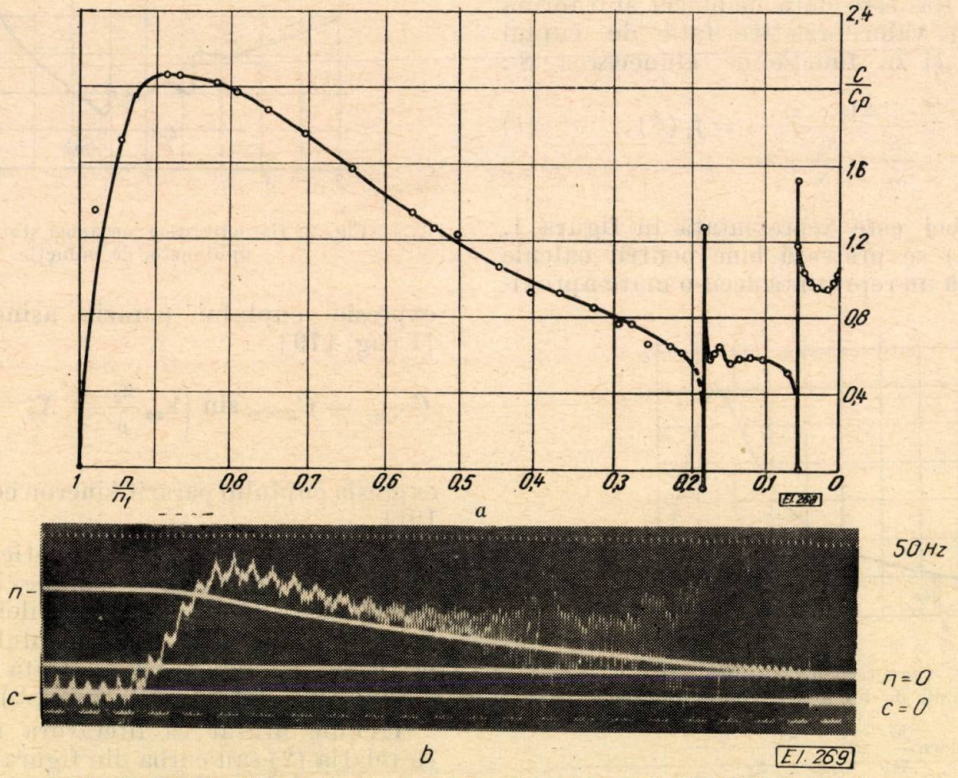
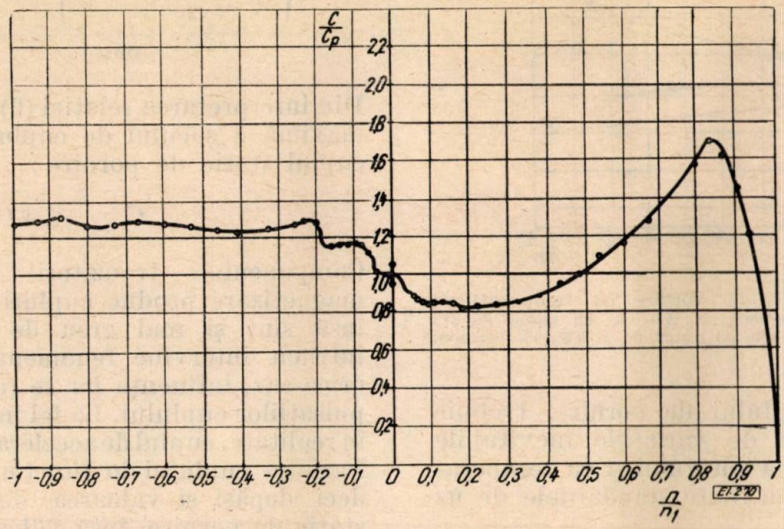


Fig. 3. Caracteristica mecanică a unui motor asincron de 28 kW,1500 rot/min : *a* — caracteristica mecanică statică (clasică); *b* — oscilograma cuplului la pornire lentă.

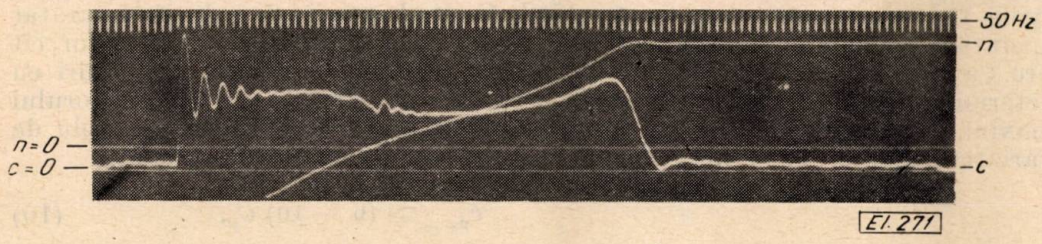
Astfel, există multe lucrări ce urmăresc ridicarea caracteristicii mecanice statice prin oscilografierea cuplului într-un regim foarte lent de pornire, afirmînd [2] că se poate obţine chiar curba clasică $C = f(n)$ conform figurii 1. Relaţia (7) arată clar că, în general, înregistrînplului de pornire. Ţinînd seamă că se măsoară cuplul mediu, se poate particulariza expresia (7) rezultînd :

$$C_p = C(0,\tau) + \sum C\nu_{as}(0,\tau) + \\ + \sum C\nu_{sinc}(\theta_\nu,\tau). \tag{6a}$$

Din interpretarea relației rezultă că trebuie ținut cont atît de variația cuplului cu rotirea rotorului, cît și de variația temperaturii, care crește rapid în timp din cauza regimului de scurtcircuit al încercării. Întrucît calculele teoretice în aceste domenii au încă un rol mai mult calitativ, se impune o verificare pe scară largă



a



b

Fig. 4. Caracteristica mecanică a unui motor asincron de 17 kW,750 rot/min :
a – caracteristica mecanică statică (clasică); *b* – oscilograma cuplului la pornire lentă.

care se rotesc în același sens, deoarece la $S = 1$ relația (7) devine :

$$\pm\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\nu} \qquad (8)$$

și deci e satisfăcută de orice ν care îndeplinește condiția $+\mu = \nu$. Deci, la rotorul blocat asupra ordinului de mărime al acestor variații.

Analiza teoretică arată că condiția de existență a cuplurilor parazite de tip sincron

$$\pm\frac{1}{\mu} = (1 - S) + \frac{S}{\nu} \qquad (7a)$$

la rotorul blocat este satisfăcută de toate armonicile din stator și rotor, independente între ele,

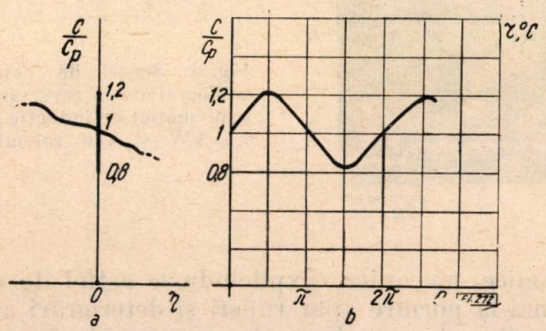


Fig. 5. Variația cuplului de pornire la un motor de 10 kW și 1 000 rot/min în funcție de poziția relativă între rotor și stator.

apare acțiunea unei serii întregi de cupluri sincrone și astfel variațiile cuplului de pornire cu rotirea rotorului trebuie să fie, în general, cel puțin sesizabile. Experimentările făcute pe loturi mari de mașini de inducție au confirmat că variațiile cuplului de pornire cu θ sînt importante. Diferențele măsurate între $C_{p_{min}}$ și $C_{p_{max}}$ au fost în medie de 5%, iar maximul observat a fost de 40%, conform figurii 5. Incălzirea, de asemenea, are o influență mare, însă sensul de variație depinde atît de tipul motorului, cît și de faptul că creșterea temperaturii este bruscă sau relativ lentă. Încercările făcute la tensiune nominală arată că, în general, la motoare mici (0,1 – 1 kW) există o tendință de scădere, iar la motoare de putere mijlocie (10 – 100 kW) sau mare (P>150 kW) există o tendință netă de creștere (fig. 6). Diferențele observate au fost în medie de 8 – 15% pentru o variație a încălzirii $\Delta\tau \approx \tau_n$.

In plus, tocmai la rotorul blocat se fac resimțite foarte puternic componentele pulsatorii c_{puls} conform relației (7), determinînd nu numai un zgomot specific, dar punînd în vibrație pronunțată toată aparatura de măsură. Acest

lucru este deosebit de perturbator dacă se lucrează cu traductoare electrice.

Pe baza celor arătate rezultă o concluzie importantă pentru practica industrială, și anume că, în definirea și în condițiile de determinare

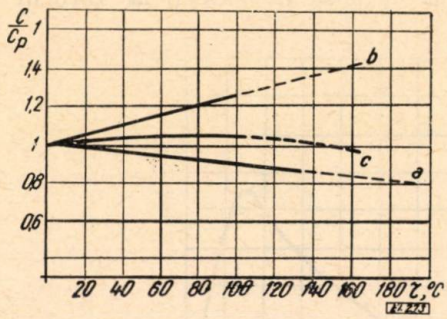


Fig. 6. Variația cuplului de pornire cu temperatura: *a* — la un motor de 150 W, 1500 rot/min; *b* — la un motor de 315 kW, 1500 rot/min (după [7]); *c* — la un motor de 17 kW, 1500 rot/min.

experimentală a cuplului de pornire, trebuie ținut seamă neapărat de variațiile inevitabile ale acestuia cu poziția rotorului și cu temperatura — fapt neglijat în toate standardele de uz internațional.

Similar se pune problema și la cuplul minim și maxim. Experimentările făcute au arătat că variațiile lor cu temperatura apar, cantitativ, la fel ca la cel de pornire. Ca atare, și în definirea, și în condițiile de determinare experimentală a cuplului minim și maxim, standardele trebuie să țină seamă de variația cuplului cu temperatura.

Comportarea mașinii asincrone în regim dinamic

Influența regimului dinamic asupra caracteristicii mecanice se face resimțit în esență prin:

— șocuri de cuplu la conectare;

— oscilații libere de descărcări bruște, respectiv pendulări peste sincronism la pornire;

— deformarea alurii caracteristicii mecanice statice.

Calculul șocurilor de cuplu ce apar la conectare la turația nulă depind foarte mult chiar de condițiile de pornire. Presupunînd că motorul pornește cu o accelerație medie constantă și că componentele tranzitorii ale curentului de magnetizare sînt neglijabile, rezultă că la pornire cuplul are, după [3 pag. 235], expresia:

$$c'_p = C_p \left[1 + \frac{\sin\left(\frac{1}{2}\eta t^2 + \psi\right)}{\sin\psi} \varepsilon^{-2\rho'' t} + \right.$$

$$\left. + \frac{\sin\left(\omega_1 t - \frac{1}{2}\eta t^2 - \psi\right) - \sin(\omega_1 t + \psi)}{\sin\psi} \cdot e^{-\rho'' t} \right]. \quad (9)$$

Din interpretarea relației (9) rezultă că valoarea maximă a șocului de cuplu este de patru ori cuplul static de pornire:

$$C_{p_{max}} \leqslant 4\, C_p.$$

Componentele tranzitorii ale curentului de magnetizare produc cupluri suplimentare, care însă sînt și mai greu de evaluat cantitativ întrucît intervine fenomenul de saturație. In orice caz, influența lor se resimte prin mărirea pulsațiilor cuplului. La fel intervine și faptul că, în realitate, cuplul de accelerație nu este constant. Variația cuplului în funcție de timp va putea deci depăși și valoarea de patru ori cuplul static de pornire, însă valoarea reală a șocului va fi greu de evaluat cantitativ exact. Experimentările făcute la mașini de inducție au arătat că aceste șocuri de cuplu depind atît de motor, cît și de masele inerțiale acționate. La porniri cu mase inerțiale comparabile cu cea a rotorului s-au înregistrat șocuri foarte mari de cuplu de pînă la 10 ori cuplul nominal (fig. 9 b, c)

$$c_{p_{max}} \cong (6 - 10)\, C_n. \quad (10)$$

Oscilogramele făcute arată că la reversare șocurile de pornire au în medie aceleași valori. In figura 7 se văd șocurile de cuplu la reversare pentru un caz mediu.

Din cele arătate rezultă că șocurile de cuplu la pornire și la reversare sînt deosebit de mari, fapt de care trebuie să se țină neapărat seamă la dimensionarea organelor de transmisie. La un mic joc al angrenajelor apar în plus șocuri

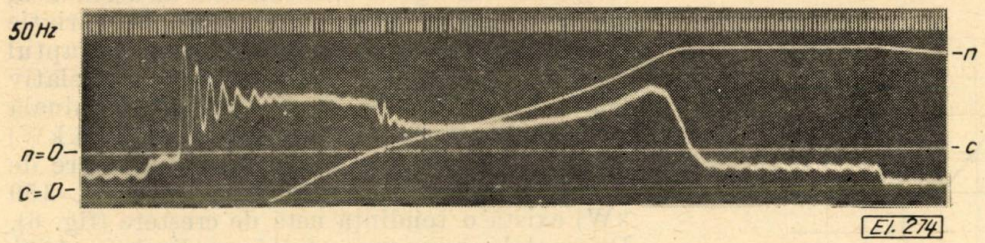


Fig. 7. Șocuri de cuplu oscilografiate la reversarea unui motor de inducție de 7,5 kW și 750 rot/min.

dinamice mecanice, explicîndu-se astfel de ce tocmai la pornire apar ruperi și deteriorări ale cuplurilor. În concluzie, la observațiile făcute rezultă recomandarea de a se folosi cuplaje elastice cînd inerția proprie a mașinii preia

șocurile, descărcînd utilajul acționat și organele de transmisie.

O altă influență importantă a regimului dinamic asupra comportării mașinii de inducție rezidă în posibilitatea că aceasta, la descărcări bruște, poate prezenta pendulări importante. Fenomenul este analog cu cel de la o mașină sincronă, doar că nu este la fel de periculos. Notînd cu : $T_{1\sigma}$ — constanta de timp a fluxului primar de dispersie ; T_a constanta de timp de pornire și cu S_N alunecarea nominală, rezultă, după [3 pag. 239], drept condiție pentru apariția unui fenomen oscilatoriu :

$$S_N \cdot T_a < 4\, T_{1\sigma}. \tag{11}$$

În acest caz rezultă cuplul din :

$$c \cong \frac{C_N S_a}{S_N} e^{-\frac{t}{2T_{1\sigma}}} \left[\cos \frac{t}{\sqrt{S_N T_a T_1}} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{S_N T_a}{T_1}} \sin \frac{t}{\sqrt{S_N T_a T_1}} \right] \tag{12}$$

ținînd cont că $\frac{C_N S_a}{S} = C_i$ — cuplul inițial în momentul descărcării (13)

și notînd $\frac{t}{S_N T_a T_1} = \alpha$, (14)

rezultă :

$$c \approx C_i \cdot e^{-\frac{t}{2T_{1\sigma}}} \left[\cos\alpha + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{S_N T_a}{T_1}} \sin \alpha \right] \tag{15}$$

sau

$$c \approx C_i \cdot e^{-\frac{t}{2T_{1\sigma}}} \cdot \sqrt{1 + \frac{S_N T_a}{4 T_1}} \cos(\alpha - \varphi). \tag{16}$$

Valoarea maxim posibilă a lui c rezultă deci :

$$c_{max} = C_i \sqrt{1 + \frac{S_N T_a}{4 T_1}} \cdot \tag{17}$$

Ținînd cont că în ipoteza unui fenomen oscilatoriu (relația 11)

$$\frac{S_N T_a}{4 T_1} \leqslant 1, \tag{18}$$

rezultă în final :

$$c_{max} < \sqrt{2}\, C_i. \tag{19}$$

Adică, la o descărcare bruscă a motorului de inducție, pot să apară pendulări a căror valoare maximă este de $\sqrt{2}$ ori cuplul inițial în momentul descărcării.

Aceste oscilații apar la orice variație bruscă a cuplului rezistent, deci atît la acționări cu cuplul rezistent în forma de impulsuri repetate, cît și în cadrul procesului de pornire. Trecerea bruscă, în cadrul pornirii, de la cuplul maxim la cuplul nominal, determină pendulări ale cuplului și concomitent pendulări, peste sincronism, ale alunecării.

Prin verificări experimentale s-a constatat că practic în toate cazurile se observă oscilații la intrarea de durată însoțite de pendulări peste sincronism. La constante mari ale timpului de pornire $T_a \leqslant 2 - 3$ s oscilațiile sînt mici $c_{max} \approx (0{,}2 - 0{,}3)\, M_n$ după cum se vede în figura 7. La mase inerțiale mici, deci la $T_a < 1$s, oscilațiile pot fi mari. În figura 9 b, c se dă oscilograma pornirii cu mase inerțiale mici a unei mașini de inducție unde se observă clar pendulări mari peste sincronism, cuplul oscilant fiind egal cu cel maxim (deci $c_{max} = C_i$).

De considerațiile făcute trebuie să se țină seamă atît în probleme de acționări cu șocuri repetate, la utilaje cu mase inerțiale relativ mici, cît și în probleme de automatizări. Funcția de transfer trebuie să reflecte posibilitatea de apariție a acestor oscilații, întrucît neglijarea lor poate duce în cazurile specificate la dereglări (prin pendulările neprevăzute) ale întregului complex automatizat.

Pentru a cuprinde în calcule procesele de pornire, frînare, reversare în problemele de acționări se consideră, de obicei, că fenomenele tranzitorii au loc pe baza caracteristicii mecanice statice. Această ipoteză însă este complet valabilă numai acolo unde se antrenează mase inerțiale mari și deci unde timpul de pornire este suficient de lung. Practic la $T_a \geqslant 15$ s, după [4], se poate considera că caracteristica dinamică coincide cu cea statică.

O analiză profundă a acestor fenomene [5] arată că, la un timp mic de pornire, caracteristica dinamică nici nu seamănă, ca alură, cu cea statică [1, § XXVII] cum rezultă din figura 8. Calculul este foarte laborios, revenind la

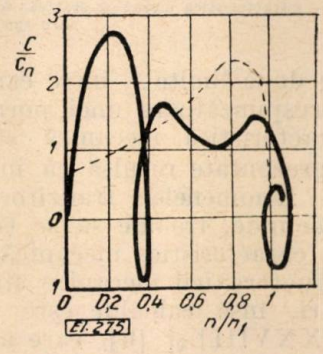


Fig. 8. Caracteristica mecanică dinamică teoretică a unui motor de inducție (după [1, § XXVII]).

rezolvarea unui sistem de 5 ecuații diferențiale simultane, și se bazează pe multe simplificări mari. Experimentările făcute pe mașini de inducție cuprinse între 10 și 40 kW de diferite turații

au arătat că, în medie, la un timp de pornire sub 1 s caracteristica mecanică dinamică este fundamental diferită de cea statică (fig. 9 a, b, c) la un timp de pornire de 2—3 s forma caracteristicii se apropie de cea statică însă are cuplul minim mai mare și cuplul maxim mai mic (fig. 9, d). Deci, caracteristica mecanică reală la pornire se va găsi între două limite — între caracteristica dinamică corespunzătoare unei porniri în gol și între caracteristica mecanică statică [8].

Din cele prezentate rezultă că în acționări, cînd durata fenomenelor tranzitorii este în jurul unei secunde, trebuie să se țină seamă, neapărat, de caracteristica mecanică dinamică. Folosirea caracteristicii mecanice statice duce la erori mari, însă calculul este acoperitor. După [1, § XXVIII] și [6], care au cercetat diferite caracteristici de încărcare, nu s-au putut detecta influențe nocive ale regimului dinamic asupra pornirii, reversării și frînării. Dacă acestea sînt posibile prin prisma caracteristicii statice, atunci în cadrul regimului dinamic mașina se comportă chiar mai bine (crește cuplul de pornire, cel minim etc.). De asemenea, dacă cumva motorul ar rămîne la o turație joasă, din nou s-ar reveni, de fapt, la un regim staționar.

Din cele arătate rezultă că curba cuplului, oscilografiată într-un regim de lansare, poate fi folosită pentru evaluarea cantitativă a caracteristicii statice numai la un timp de pornire mai mare de 15 s. La un timp de pornire de 2—3 s oscilograma poate servi pentru aprecierea alurii caracteristicii statice, însă nu trebuie explorată cantitativ întrucît cuplul maxim apare micșorat, iar cuplul minim mărit corespunzînd însă caracteristicii dinamice reale. La un timp de pornire și mai mic, caracteristica mecanică dinamică obținută nu permite să se tragă concluzii asupra alurii caracteristicii statice.

Concluzii

Analiza teoretică a aspectelor legate de cuplul mașinii asincrone, confirmată cu rezultatele experimentale, permite tragerea următoarelor concluzii importante pentru practica de lucru la standuri de încercări, pentru practica de exploatare sau proiectare.

Cuplul de pornire depinde foarte mult de modul de încercare, de măsurare. Variațiile sensibile ale acestuia cu temperatura, cu poziția relativă stator-rotor cer o definire a acestuia, care să cuprindă și aceste dependențe. La fel și la standardizarea metodei de încercare trebuie ținut seamă de acestea, în caz contrar rezultatele nefiind comparabile.

In privința cuplului minim și maxim, definirea lui trebuie să precizeze temperatura la care se măsoară și regimul de lucru (static sau dinamic). Aceste condiții trebuie să stea și la baza metodei de încercare, mai ales, avînd în vedere că standardele în cauză sînt în revizuire

In privința oscilografierii curbei cuplului, în vederea obținerii unor date privind carac-

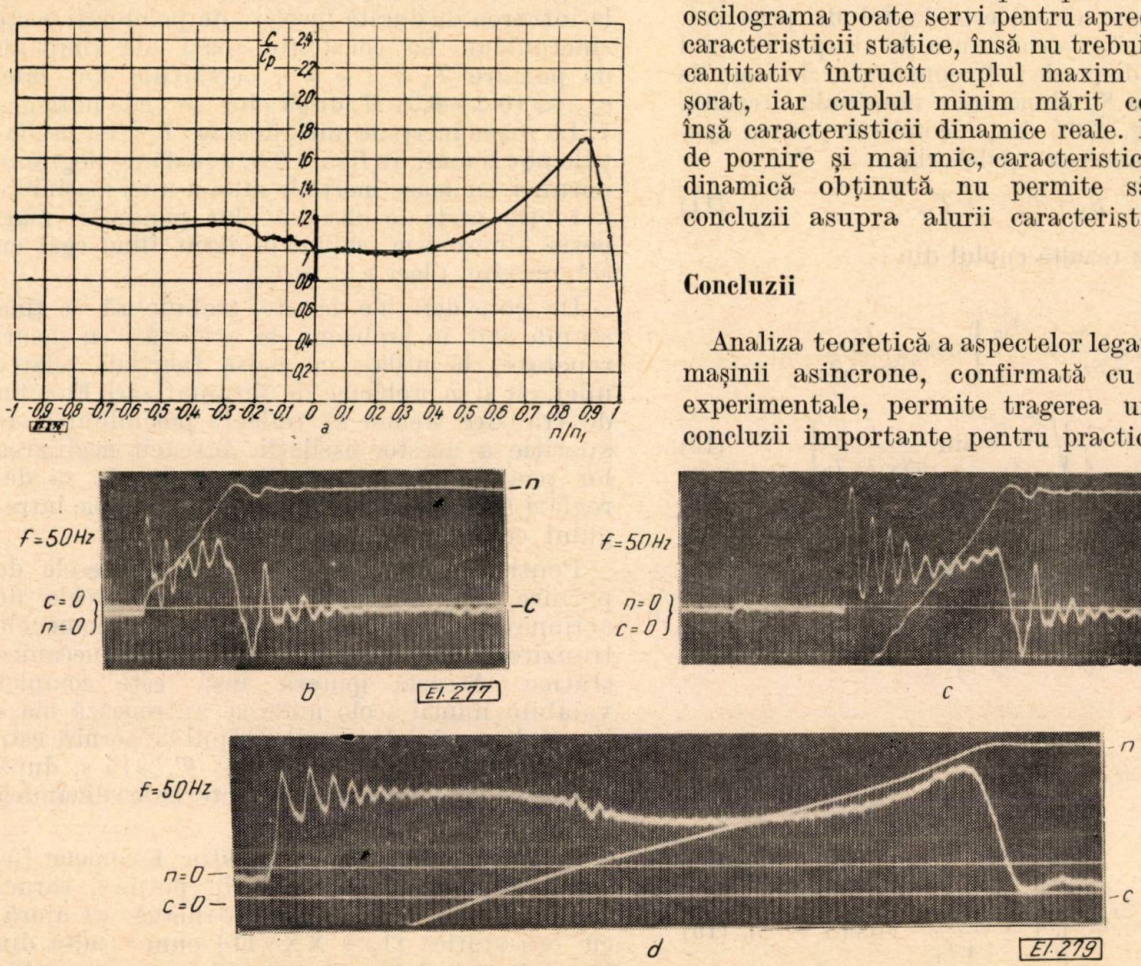


Fig. 9. Caracteristica mecanică a unui motor de 10 kW,1500 rot/min:
a — caracteristica mecanică statică; *b* — oscilograma cuplului la pornire rapidă; c — oscilograma cuplului la reversare rapidă; d — oscilograma cuplului la pornire lentă.

teristica mecanică statică, trebuie arătat că regimul dinamic deformează curba statică chiar și la o pornire relativ lentă, cuplul minim mărindu-se, iar cel maxim micșorîndu-se. De asemenea, dacă motorul prezintă cupluri sincrone, cuplurile pendulare și de vibrații, acestea ancombrează porțiuni din curbă. Astfel, practic, oscilograma poate fi folosită numai ca un indiciu asupra alurii caracteristicii statice, și nu la evaluarea cantitativă a acesteia. Oscilograma, în schimb, reprezintă corect caracteristica mecanică dinamică.

Drept concluzie, pentru calculele de acționări electrice rezultă că caracteristica mecanică statică trebuie folosită pentru aprecierea dacă pornirea, frînarea și reversarea pot avea loc. Calculul timpului de pornire pe baza caracteristicii statice este acoperit.

La motoare cu puterea între 1 — 40 kW și la un timp de pornire în jurul unei secunde, pentru obținerea unei precizii mai mari, se impune folosirea caracteristicilor dinamice corespunzătoare. La dimensionarea organelor de transmisie trebuie să se țină seamă de valorile mari ale șocurilor de cuplu la pornire. Posibilitatea oscilațiilor elastice mari ale motorului asincron, la variații bruște ale cuplului rezistent, implică revizuirea unor concepții în probleme de acționări și de automatizări, care consideră motorul asincron ca un element neelastic. Astfel, acolo unde cuplul rezistent apare sub formă de impulsuri repetate, oscilațiile motorului asincron pot trece în oscilații întreținute sau să ajungă în rezonanță. Fenomenul este deosebit de perturbator în cazul acționărilor automatizate cînd poate deregla întreaga instalație.

Ca atare, atît în calculele de acționări, cît și mai ales în ecuațiile de transfer la automatizări trebuie să se țină seamă de posibilitatea oscilațiilor elastice ale motorului asincron.

Semnificația notațiilor folosite

C, C_{med} — cuplul mediu în timp dezvoltat de motor;
C_{max} — cuplul maxim (de răsturnare);
$C\nu_{as}$ — cuplul parazit asincron datorit armonicii ν;
$C\nu_{sinc}$ — cuplul parazit sincron datorit armonicii ν;
$C_k \mu_a \nu_b$ — amplitudinea cuplului parazit sincron;
c — valoarea momentană a cuplului;
$c_{puls.}$ — cupluri pulsatorii cu valoarea medie nulă;
$c_{supl.}$ — cupluri parazite suplimentare;
C_p, c_p — cuplul de pornire;
$C_{p\,max}$ — maximul oscilațiilor cuplului de pornire la conectare;
c_{max} — amplitudinea maximă a oscilațiilor cuplului;
c_i — cuplul inițial la conectare sau deconectare;
S — alunecarea;
S_k — alunecarea de răsturnare;
S_ν — alunecarea față de armonica de ordinul ν;
S_N — alunecarea nominală;
S_a — alunecarea în momentul deconectării;
Z_2 — impedanța rotorică;
$R_{2\nu}$ — rezistența rotorică față de armonica de ordinul ν;
X_{2u_ν} — reactanța utilă (de magnetizare) pentru armonica ν;
$X_{2\sigma_\nu}$ — reactanța de dispersie față de armonica ν;
k_{2a} — constantă a mașinii;
p — numărul perechilor de poli, pasul polar;
X'_2 — distanța liniară pe rotor;
$\rho\nu_a$ — unghiul de decalaj între axe pentru armonica ν_a;
μ_a — armonica din rotor provenită în urma armonicii ν_a din stator;
ν, ν_a, ν_b — armonici din stator;
θ_ν — decalajul între axele armonicilor μ_a și ν_b;
T — constanta de timp;
t — timpul;
n — turația;
$\tau°$ — temperatura;
α — unghiul de decalaj între rotor și stator;
η — accelerația rotorului la pornire;
ψ — unghiul de decalaj;
ρ'' — coeficientul de amortizare a fenomenelor tranzitorii în rotor;
T_a — constanta de timp la pornire;
$T_{1\sigma}$ — constanta de timp a fluxului primar de dispersie.

Bibliografie

[1] *Richter, R.* Elektrische Maschinen, vol. IV. Basel, Verlag Birkhäuser, 1954.

[2] *Führer, H.* și *Waldmann, L.* Ein einfaches Verfahren zur Aufnahme der Drehmoment-Drehzahlkennlinie von Asynchronmaschinen. In: E.u.M. **79**, nr. 1, 1962, p. 9—12.

[3] *Schuisky, W.* Induktionsmaschine. Wien, Springer Verlag, 1957.

[4] *Krzyminski, L.* Oscylografovanie krzywej momentu silnikov indukcynych. Warszawa, Prace Institutu electrotehnicki, 1957.

[5] *Laible, R.* Moderne Methoden zur Behandlung nichtstationärer Vorgänge in elektrischen Maschinen. In: Bull. S.E.V. **41**, 1950, p. 553.

[6] *Schiz, R.* Auswahl der Läuferart beim Drehstrommotor mit Kurzschlussläufer unter Beobachtung der Betriebsbedingungen. In: E.u.M. **59**, 1941, p. 553.

[7] *Drăgănescu, O.* și *Cîmpeanu, A.* Cercetări experimentale asupra caracteristicii de pornire a mașinilor electrice rotative sincrone și asincrone. In: Cercetări tehnice „Electroputere" — Craiova, 1963.

[8] *Petrov, L. P.* Dinamiceskie harakteristiki asinhronnîh korotkovzamenutnîh dvigatelei. In: Vest. electroprom. **30**, nr. 5, 1959.

Intrat în redacție la 20.V.1965

O serie nouă de transformatoare de putere fabricate de întreprinderea „Electrotehnica"

Iosif Cotnăreanu* — Bucureşti

CZ 621.314.222 : 621.312.002.6(498)

Aplicarea noului standard de transformatoare de putere în ulei (STAS 440—62), precum şi unele condiţii noi de exploatare a reţelelor de transport de energie electrică au impus întreprinderii „Electrotehnica" asimilarea noii serii de transformatoare pînă la 160 kVA.

Proiectarea acestei serii a trebuit să ţină seamă de următorii factori :

— gama de puteri, adoptată de STAS 440-62, conform cu CEI 76 ;

— nivelul de pierderi redus, comparabil cu valorile uzuale în tehnica mondială, impus de STAS 440—62 ;

— ridicarea tensiunii reţelelor de energie electrică de la 15 la 20 kV, în viitorul apropiat ;

— rezistenţa la şoc dinamic şi la impuls a transformatoarelor ;

— perspectiva livrării pentru export a unor transformatoare cu caracteristici foarte apropiate ;

— economia de material şi de manoperă, adică preţ de cost redus, greutate şi gabarit reduse.

Seria de transformatoare a întreprinderii „Electrotehnica" completează, în domeniul puterilor mici, seria executată de Uzinele „Electroputere" [1], [2].

Gama de tipuri constructive

Deoarece întreprinderea „Electrotehnica" execută în mod curent transformatoare monofazate de 10 kVA şi 25 kVA (pentru montare pe stîlp) s-a hotărît, de acord cu beneficiarul, că din scara de puteri standardizată este necesar să se asimileze următoarele puteri (în kVA) : 40 ; 63 ; 100 ; 160.

Tensiunile nominale pe partea de înaltă tensiune sînt de 6 şi 20 kV. Pentru export se cere o gamă mare de tensiuni cuprinse între 6 şi 22 kV. Examinîndu-se statistic livrările de transformatoare din ultimii ani şi comenzile pentru anii următori s-a putut constata că numărul de transformatoare de 6 kV reprezintă anual aproximativ 10% din producţia totală de transformatoare de putere, restul de 90% fiind de 20 kV, respectiv 15 kV pînă în 1964 inclusiv, pentru uz intern, şi de 22 kV pentru export. La o putere dată, o construcţie specială pentru 6 kV realizează o economie de material activ de aproximativ 8%, faţă de construcţia transformatorului de 20 kV cu bobinajul adaptat la 6 kV. Ţinînd seamă pe de o parte de numărul mic de exemplare care vor fi afectate de această scumpire, şi, pe de altă parte, de avantajele pe care le creează reducerea numărului de tipuri constructive prin posibilităţi sporite de tipizare, de ridicare a productivităţii muncii, de reducere a stocurilor de materiale supranormative, s-a hotărît construirea de tipuri unice pe putere. In felul acesta între două transformatoare de aceeaşi putere, însă de tensiuni diferite între 6 şi 22 kV, diferă numai bobinajul de înaltă tensiune şi izolatoarele. Noua serie de transformatoare numără deci numai patru tipuri constructive faţă de 13 tipuri în seria veche (fiecare putere avînd construcţie separată pentru 6 kV şi pentru 15 kV, iar la unele puteri existînd construcţii diferite pentru bobinaje de cupru sau de aluminiu).

In cadrul noii serii, puterile de 40 kVA şi 63 kVA se execută cu bobinaje din cupru, în timp ce puterile de 100 kVA şi 160 kVA au bobinajele din aluminiu (sub 100 kVA la 20 kV rezultă conductoare de dimensiuni prea mici pentru a se putea executa din aluminiu).

Caracteristici electrice (tabela 1)

Pierderile la mers în gol au fost stabilite în două variante tehnologice: A — fără tratarea termică şi B — cu tratarea termică a tolelor după prelucrare. Varianta B va apărea în urma dotării întreprinderii cu utilajul necesar tratamentului termic. Reducerea pierderilor în fier la transformatorul de 63 kVA a apărut ca o necesitate economică (asupra căreia vom reveni). In ceea ce priveşte transformatoarele de 100 kVA şi 160 kVA am impus pierderi apropiate de valorile normale pentru construcţii în cupru, pentru a creşte posibilităţile de export.

Din acelaşi motiv, pierderile în înfăşurări la transformatoarele cu aluminiu au fost fixate la valorile normale ale transformatoarelor cu cupru.

Deşi STAS 1703 — 60 admite supratemperatura de 70°C în înfăşurări, noua serie nu va depăşi 65°C, încadrîndu-se astfel în majoritatea normelor de valoare internaţională.

In figura 1 s-au trasat curbe comparative ale pierderilor în fier, iar în figura 2 cele ale pierderilor în înfăşurări.

In figura 3 s-a trasat comparativ, la seria veche şi la seria nouă, consumul de materiale active, iar în figura 4 greutatea totală şi volumul transformatoarelor.

Trebuie ţinut seamă că tipurile de 100 şi 160 kVA (seria nouă) au înfăşurări din aluminiu ;

* Ing. *I. Cotnăreanu* este proiectant principal la Întreprinderea „Electrotehnica".

Tabela 1

Caracteristicile noii serii de transformatoare

1. Tip	2. Putere, kVA	3. Înaltă tensiune, kV	4. Joasă tensiune, V	5. Conexiuni	U_k, %	P_0, W		P_k, W	6. Obs.
						A	B		
TTU 40/6 TTU 40/20	40 40	6 20 (15)	400/231	Yz-5	4	300	250	1 050	
TTU 63/6 TTU 63/20	63 63	6 20 (15)	400/231	Yz-5	4	400	330	1 520	
TTU-AL 100/6 TTU-AL 100/20	100 100	6 20 (15)	400/231	Yz-5	4	600	500	2 300	aluminiu 7
TTU-AL 160/6 TTU-AL 160/20	160 160	6 20 (15)	400/231	Yz-5	4	800	660	3 200	aluminiu 7

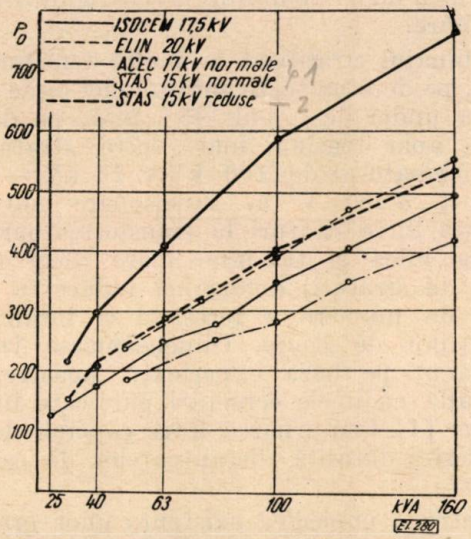


Fig. 1. Nivelul comparativ al pierderilor la mers în gol la diverse construcţii.

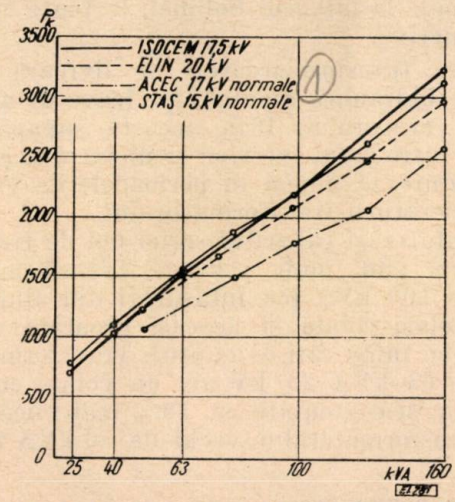


Fig. 2. Nivelul comparativ al pierderilor în înfăşurări la diverse construcţii.

în figura 3, curba 2 la 100 şi 160 kVA ţine seamă de consumul de conductoare de cupru, echivalent.

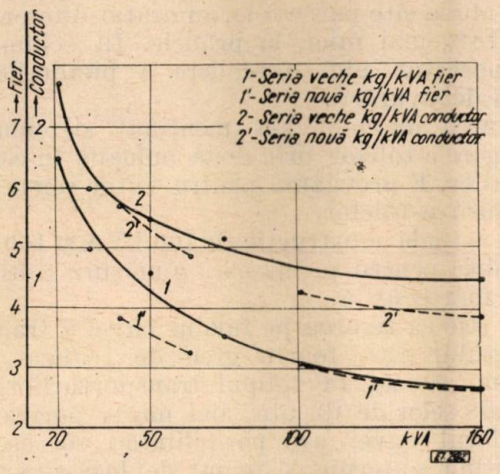


Fig. 3. Consumul de materiale active (*1* — fier, *2* — conductor) la seria veche şi la seria nouă.

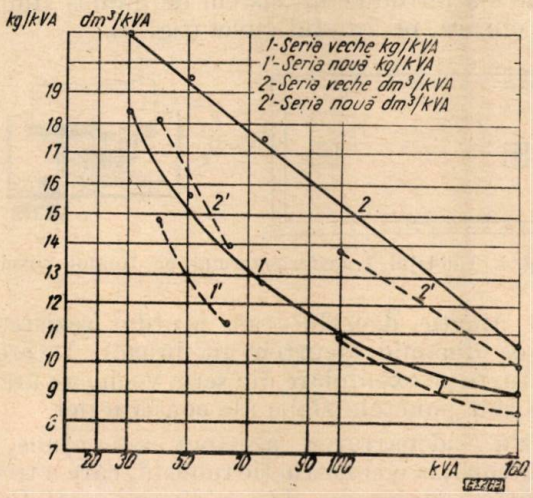


Fig. 4. Greutatea şi volumul transformatoarelor din seria veche şi seria nouă.

Construcţia

In construcţia noii serii de transformatoare s-a căutat utilizarea tuturor posibilităţilor de tipizare a materialelor, reperelor şi subansamblurilor. Numărul de scule şi dispozitive de lucru

reflectă acest lucru; s-au executat aproximativ 120 de scule și dispozitive, din care 40 sînt comune pentru întreaga serie, 20 comune pentru tipurile de 40 și 63 kVA și 20 comune pentru tipurile de 100 și 160 kVA.

Circuitul magnetic, executat din tablă laminată la rece, este format din lățimi de tole tipizate (10 lățimi pentru întreaga serie). Coloanele au 4 — 6 trepte, iar jugurile, 2—3 trepte. Pierderile specifice măsurate pe miezuri corespunzătoare unor puteri mai mari (peste 100 kVA) cresc la miezurile mici. Cauza este zona relativ mai mare de ecruisare la marginea tolei după tăiere. O importanță deosebit de mare o are modul de împachetare (numărul de tole montat simultan). Încercările efectuate asupra unor miezuri de dimensiuni identice și cu tablă din același lot, unele împachetate cîte două tole, altele cîte patru tole, au arătat diferențe de 12—18% mai mici, la primele. În schimb nu s-a observat nici o scădere a pierderilor în urma debavurării.

Pentru moment s-a menținut sistemul de strîngere a tolelor prin două buloane în centrul jugurilor. E prevăzută pentru viitor renunțarea la găurirea tolelor.

La actuala construcție de 100 kVA și 160 kVA se aplică pentru prima oară o măsură constructivă foarte utilă.

Se știe că fixarea pe fundul cuvei a transformatorului este foarte greu de realizat. Din această cauză, în timpul transporturilor, mai ales ale celor de durată mai mare, partea din interiorul cuvei are posibilitatea să oscileze solicitînd puternic sistemul de legătură între miez și capac. Pentru a preveni această defecțiune s-a introdus un sistem de ghidaj simplu, dar eficace, pe fundul cuvei (fig. 5).

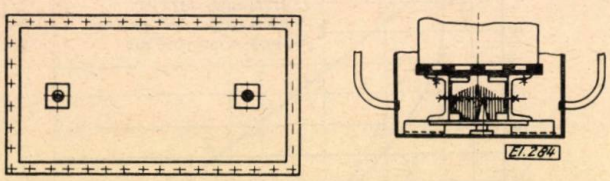


Fig. 5. Ghidajul transformatorului pe fundul cuvei.

O atenție deosebită s-a acordat rezistenței la șoc dinamic (scurtcircuit brusc). Încercări efectuate pe exemplare din seria veche au arătat care sînt punctele slabe ale construcției.

Prin îndepărtarea acestora s-a ajuns, la seria nouă, la o construcție robustă, care a trecut cu succes încercarea de șoc dinamic, efectuată în laboratoarele I.C.P.E., pe un prototip experimental (1963), pe prototipurile fiecărui tip constructiv (1964) și pe exemplare din producția curentă (1965). Dintre măsurile constructive adoptate menționăm următoarele:

— la tipul vechi, cu bobina de înaltă tensiune executată din două jumele, punctul slab consta tocmai în fixarea lor relativă, prin intermediul unor tacheți. În consecință, s-a adoptat în prezent un bobinaj stratificat dintr-o singură bobină compactă;

— pentru a împiedica deplasarea spirelor de la capetele de strat, fiecare strat, atît la bobina de înaltă tensiune, cît și la cea de joasă tensiune, se termină printr-un distanțor din preșpan fixat cu hîrtie de prima și ultima spiră și care are ca efect repartiția uniformă, de-a lungul întregii circumferințe a bobinei, a eforturilor;

— ultimul strat este bandajat cu bandă albă;

— pentru fixarea radială a bobinei s-a adoptat un număr mare de pene înguste;

— realizarea unor înălțimi egale a bobinelor secundare și primare și montarea lor simetrică;

— mărirea suprafețelor de sprijin al bobinelor;

— impregnarea și uscarea bobinelor de înaltă tensiune se fac într-un dispozitiv astfel încît înălțimea lor să fie uniformă, iar rigiditatea lor, mai mare.

Bobinajul stratificat la înaltă tensiune prezintă, pe de o parte, avantajul unei bune repartiții a undei de impuls [3], însă, pe de altă parte, apar tensiuni mari între straturi (la transformatorul de 100 kVA 20 kV — între straturi 3 400 V la funcționare normală). Izolația între straturi la transformatoarele de putere mică și tensiune mare (deci număr mare de straturi) determină reducerea factorului de umplere a ferestrei și înrăutățirea condițiilor de răcire. Dimensionarea izolației s-a făcut pe baza experienței noastre, care concordă cu unele cercetări publicate în străinătate [4]. Conturnarea între capetele de strat este ferită datorită distanțoarelor de care s-a vorbit.

Pentru a împiedica existența unor gradienți de temperatură între straturile din interiorul bobinei și valoarea medie a încălzirii s-au adoptat canale la mijlocul bobinei, la toate tipurile constructive.

Toate transformatoarele se livrează cu o supapă hidraulică montată pe țeava de aerisire a conservatorului. Prin această supapă contactul între aerul exterior și uleiul din conservator durează numai în perioadele de variație a temperaturii transformatorului.

Greutatea și gabaritul seriei noi de transformatoare sînt mult reduse. Transformatorul nou de 100 kVA (cu înfășurări din aluminiu) are același volum și aceeași greutate ca cel vechi (cu înfășurări de cupru). Transformatorul nou de 63 kVA 20 kV are un volum cu 12% mai mic și o greutate cu 10% mai mică decît ale transformatorului vechi de 50 kVA 15 kV.

Aspecte economice

Numeroase studii tehnico-economice [5], [6], [7], [8] publicate în ultimii ani analizează problema optimului în proiectarea transformatoarelor.

În continuare se examinează numai cîteva aspecte legate de seria de transformatoare de care ne ocupăm. Întrebările care vrem să le rezolvăm sînt următoarele :

a) este convenabilă utilizarea tablei laminate la rece la transformatoarele mici ?

b) este convenabilă o reducere a pierderilor sub cele impuse de standard ?

c) este convenabilă executarea înfăşurărilor din cupru sau aluminiu ?

a) Întrebarea se justifică prin diferenţa mare de preţ între tabla laminată la rece (ARMCO 6 x) şi tabla laminată la cald (E-IV.0,9 — STAS 673-60), şi anume 14, respectiv, 9 lei/kg, după prelucrare.

Calculele conduse conform [10] pentru un transformator de 63 kVA, în două variante corespunzînd celor două calităţi de tablă utilizabilă, cu menţinerea tuturor caracteristicilor, cu excepţia pierderilor în fier (adică aceleaşi pierderi în înfăşurări, tensiune de scurtcircuit, distanţe izolante etc.), duc la rezultatele cuprinse în tabela 2, pentru diferiţi factori de siluetă β $\left(\beta = \frac{\pi d_{12}}{l}\right.$, în care d_{12} este diametrul mediu al canalului de scăpări, iar l — lungimea bobinajului$\left.\right)$.

0,15—0,20 lei/kWh. Costul conductorului de cupru prelucrat este 44 lei/kg, iar al conductorului de aluminiu prelucrat este 30 lei/kg.

Adoptînd varianta *I* cu $\beta = 1{,}8$ şi varianta *II* cu $\beta = 1{,}5$, diferenţa de preţ a materialelor active, respectiv a transformatorului, se recuperează într-un timp :

$$T_a = \frac{C_{act\,II} - C_{act\,I}}{C_{pierd\,I} - C_{pierd\,II}} = \frac{4930 - 4490}{1075 - 972} = \frac{440}{103} = 4{,}3 \text{ ani},$$

în cazul costului energiei de 0,2 lei/kWh şi

$$T_a = \frac{440}{807 - 731} = \frac{440}{76} = 5{,}8 \text{ ani},$$

în cazul costului energiei de 0,15 lei/ kWh. Datele din tabela 2 au fost calculate în cazul netratării termice a tolelor în varianta *II*. În cazul tratării, pierderile în fier s-ar reduce cu aproximativ 20% şi timpul de recuperare s-ar reduce la 1,66 ani, respectiv, 2,2 ani.

Concluzia este : chiar în cazul netratării termice a tolelor este economică utilizarea tablei laminată la rece.

Tabela 2

(1) Parametrii	(2) Varianta *I* (tablă laminată la cald) β					(3) Varianta *II* (tablă laminată la rece) β				
	0,9	1.2	1.5	1.8	2.1	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
4 Greutate coloane Gc, kg	162,5	155	150,5	146,0	143	129	123	119	117	115
5 Greutate juguri Gj, kg	85	105,5	123,0	141,0	158	70	86	101	116	129
6 Greutate fier Gf, kg	247,5	260,5	273,5	287,0	301	199	209	220	233	244
7 Greutate bobinaj Gb, kg	61,5	53	48	43,5	40,5	55	48	42	39	36
8 Pierderi fier, W	415	429	440	460	479	354	364	377	395	408
9 Pierderi bobinaj, W	1 560					1 560				
10 Cost fier, lei	2 220	2 340	2 460	2 580	2 700	2 790	2 930	3 080	3 260	3 440
11 Cost bobinaj, lei	2 710	2 330	2 110	1 910	1 790	2 420	2 120	1 850	1 710	1 580
12 Cost materiale active, lei	4 930	4 670	4 570	4 490	4 490	5 210	5 050	4 930	4 970	5 020
13 Pierderi anuale în gol 8 000 Po 10^{-3}, kWh	3 320	3 430	3 520	3 680	3 830	2 830	2 910	3 050	3 160	3 260
14. Pierderi anuale în sarcină 1 500, $0{,}85^2$ Pk 10^{-3}, kWh	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700
15. Pierderi anuale totale, kWh	5 020	5 130	5 220	5 380	5 530	4 530	4 610	4 750	4 860	4 960
16. Costul pierderilor anuale, lei	1 004	1 025	1 045	1 075	1 105	950	922	950	972	990

Conform [5], în cazul electrificărilor rurale se consideră încărcarea medie 0,85 S_n (puterea nominală) cu o durată de 1 500 ore anual. Transformatoarele sînt conectate însă aproximativ 8 000 ore anual. Costul energiei la transformatoarele de distribuţie anuală este de

b) În vederea exportului s-a considerat util a reduce pierderile în gol sub cele indicate în STAS 440-60 ; ce efect economic are această reducere ?

Din tabela 2 rezultă că o reducere de 50 W la pierderile de mers în gol (de exemplu de la 408 la

354) duce la o creştere a costului materialelor active de la 5 020 lei la 5 210 lei, adică o creştere de 190 lei. Pierderile anuale însumate pentru aceşti 50 W reprezintă 80 lei/an.

Recuperarea se va produce după 2,4 ani.

Reducerea cu 50 W a pierderilor în înfăşurări (cupru) duce la o creştere de 60 lei a costului materialelor active care se recuperează după 5,5 ani.

În cazul transformatorului de 100 kVA cu înfăşurări din aluminiu, acest ultim aspect e diferit. Reducerea pierderilor în înfăşurări cu 50 W provoacă o creştere a costului de numai 25 lei, care se recuperează în numai 2,3 ani.

Concluzia este că reducerea pierderilor în gol la toate transformatoarele şi a pierderilor în înfăşurări numai la transformatoarele cu înfăşurări din aluminiu este justificată economic.

c) Problema executării înfăşurărilor din cupru sau aluminiu este în prezent clarificată în favoarea aluminiului [9]; opţiunea noastră pentru cupru la puterile sub 100 kVA se datoreşte faptului că aluminiul se trefilează numai pînă la diametrul de 1,4 mm, care este prea mare pentru curenţii ce rezultă la puteri sub 100 kVA şi tensiuni de 20 kV. Utilizarea aluminiului este cu atît mai avantajoasă cu cît nivelul pierderilor este mai apropiat de cel al transformatoarelor cu înfăşurări din cupru. Diferenţa de preţ a materialelor active între transformatorul de 100 kVA, avînd pierderile impuse de standard şi cel cu pierderile arătate în tabela 1, se recuperează în numai 2 ani. Timpul de recuperare normal se consideră, în calculele tehnico-economice, de minimum 4 ani [5].

Concluzii

Noua serie de transformatoare de putere în ulei de 40-160 kVA a întreprinderii „Electrotehnica" este net superioară, calitativ şi economic, seriei vechi de fabricaţie, din ambele puncte de vedere, al producătorului şi al beneficiarului.

Beneficiarul va dispune de transformatoare robuste, rezistente la scurtcircuit brusc şi la undă de impuls, deci cu un coeficient de siguranţă în exploatare mai mare, cu posibilităţi de supraîncărcare sporite şi cu un randament mai ridicat.

Prin dotarea întreprinderii „Electrotehnica", cu o instalaţie pentru tratamentul termic al tolelor, reducerea pierderilor de mers în gol al transformatoarelor fabricate în cursul unui an ar aduce în reţea o economie de aproximativ 200 MWh.

Un ultim avantaj pentru economia naţională îl constituie creşterea posibilităţilor de export prin oferirea unor transformatoare la un nivel tehnic superior.

Încercările de omologare au confirmat toţi parametrii impuşi.

Noile transformatoare sînt în fabricaţie de serie de la începutul anului 1965.

Bibliografie

[1] *Năzdrăvan, I.* ş.a. Principiile constructive, tehnologice şi de fabricaţie ale seriei unitare de transformatoare cu înfăşurări de aluminiu pînă la 1 600 kVA şi 35 kV. In: Electrotehnica, **10**, nr. 12, 1962.

[2] *Şarpe, M.* ş.a. Seria unitară de transformatoare de putere 100—1 600 kVA, 35 kV cu înfăşurări din aluminiu şi miez din tablă laminată la rece. In: Comunicări tehnice, „Electroputere", nr. 1, 1963.

[3] *Popov, L.* Noua serie unitară de transformatoare cu bobinaj de aluminiu pînă la 1 600 kVA, din R. D. Germană. In: Elektrie **15**, nr. 1, 1961.

[4] *Sprang, G.* Dimensionierung der Lagenisolation aus Weichpapier für Öltransformatoren. In: Elektrie **17**, nr. 3, 1963.

[5] *Creţu, D.* ş.a. Influenţa variaţiei indicilor tehnico-economici asupra soluţiei optime a tranformatoarelor de putere. In: St. şi cercet. energ., vol. **13**, nr. 1 — A, 1963.

[6] *Bălă, C.* şi *Cupşa, A.* Determinarea optimului tehnico-economic absolut în proiectarea transformatoarelor de putere. In: St. şi cercet. energ., vol. **13**, nr. 1 — A, 1963.

[7] *Bîrgăuanu, M.* ş.a. Cu privire la determinarea soluţiilor optime ale unei serii unitare de transformatoare de putere pe bază de considerente tehnice şi economice. În: St. şi cercet. energ., vol. **13**, nr. 1-A, 1963.

[8] *Apetrei, C.* Determinarea prin calcul al optimului tehnico-economic în construcţia şi exploatarea transformatoarelor de putere. In: St. şi cercet. energ., vol. **12**, nr. 4-A, 1962.

[9] *Bîrgăuanu, M.* şi *Creţu, D.* Transformatoare cu cupru sau aluminiu. In: St. şi cercet. energ., vol. **13**, nr. 2-A, 1963.

[10] *Tihomirov, P. M.* Rasciot transformatorov, 1962.

Intrat în redacţie la 17.III.1965.

Separatorul de sarcină, aparat de comutație în rețelele de medie tensiune

Florin Tănăsescu * — București

CZ 621.316.545.1.027.6.064.33

1. Stadiul actual în tehnică

Deși folosit de multă vreme în rețelele de medie tensiune, separatorul de sarcină a căpătat o largă aplicare numai în ultimii ani, cînd numeroase firme — în special europene — au trecut la o fabricație masivă a acestor aparate [1], [2], [3].

A fost necesară o perioadă mai lungă de verificare a comportării lor în exploatare, întrucît siguranța în funcționare a unui aparat de deconectare este una dintre condițiile fundamentale care justifică prezența lui în sistemul energetic, unde orice deranjament înseamnă prejudicii, în special pentru abonații industriali.

Îmbunătățirea tehnologiilor de fabricație [5], [6], realizarea unor cinematici care să permită obținerea unor viteze ridicate (8—10 m/s față de 3—4 m/s — la vechile tipuri), folosirea unor contacte sinterizate Cu-W, sau perfecționarea sistemului de stingere au permis obținerea unor aparate cu performanțe ridicate : puteri de rupere pînă la 25 MVA, curenți de închidere pe scurtcircuit (10—25 kA) și dinamici (25—40 kA). Există însă și alte avantaje importante ale aparatului, menționate în cele ce urmează.

1.1. Avantajele folosirii separatoarelor de sarcină

— Echipate cu siguranțe, ele permit înlocuirea întreruptoarelor de putere medie de 200—500 MVA, ceea ce conduce la economii însemnate, costul întreruptorului fiind de circa trei ori mai ridicat decît al ansamblului menționat.

— Înlocuirea separatorului de tensiune cu separatoare de sarcină (diferența de preț este neînsemnată) permite eliminarea deranjamentelor cauzate de deschiderile accidentale ale separatoarelor, asigurîndu-se prin aceasta continuitatea în alimentarea cu energie electrică [7]. Studii recente arată că cel mai mare număr de deranjamente în rețelele de medie tensiune îl dau separatoarele de tensiune, din cauza manevrelor greșite [8], ceea ce înseamnă pierderi considerabile pentru economie.

— Funcționarea sigură a aparatului, independența lui de orice mediu de stingere.

— Simplificarea celulelor posturilor de transformare de puteri mici, datorită gabaritului redus al aparatului [9], ceea ce conduce la costuri de investiție mai reduse [2], [10].

Toate aceste avantaje au făcut ca domeniile de aplicare ale separatorului de sarcină să fie tot mai frecvent extinse.

1.2. Domenii de aplicare

Trebuie precizat că domeniile de aplicare a acestor aparate sînt foarte largi, dar se referă în special la acele locuri unde scurtcircuitele apar în situații excepționale [11], [12]; în caz contrar, topirea fuzibililor atrage după sine o creștere a prețului de exploatare a instalațiilor și o deservire mai complicată.

Unul din domeniile principale de folosire a separatorului de sarcină este conectarea și deconectarea transformatoarelor *în stațiile urbane și rurale* de alimentare cu energie electrică.

În general, manevra respectivă se face la un cos $\varphi = 0{,}7$ [13], [14], [15], [16], [17], dar pot exista situații în care aparatul trebuie să rupă și curenții magnetizanți ai transformatoarelor (care reprezintă procente din curentul nominal), dar la un factor de putere slab ($\cos \varphi \cong 0{,}3$).

Multiple aplicări găsește separatorul de sarcină *în instalațiile industriale* pentru conectarea și deconectarea transformatoarelor și a mașinilor electrice de înaltă tensiune. Față de alte întreruptoare, el are avantajul unor supratensiuni reduse de deconectare [10], [18].

Curenții capacitivi ai *bateriilor de condensatoare* montate pentru îmbunătățirea cos φ pot fi în egală măsură deconectați de separatoarele de sarcină [19], [20]; puterile bateriilor sînt diferite, variind de la fracțiuni de MVAr la cîțiva MVAr și tensiunea este de 6, 10, 20 kV. Bateriile mari se subdivid în trepte, deconectate de către separatoare de sarcină [14], [20]. Ca un caz particular, separatoarele de sarcină pot fi folosite pentru ruperea curenților capacitivi mici ai cablurilor.

În situația în care mai multe derivații sînt echipate cu separatoare de sarcină, iar protecția contra scurtcircuitelor este asigurată de un întreruptor în amonte, se pot face *separări selective ale părților din rețea* conținînd scurtcircuite, prin folosirea unor scheme potrivite [1], [12], [16].

2. Tipuri și construcții de aparate

Există o mare dificultate la sistematizarea diferitelor tipuri de separatoare de sarcină folosite în prezent în tehnică. În acest sens se consideră util a se prezenta cele mai semnificative tipuri, și anume : separatoarele de sarcină cu suflaj magnetic, cu rupere în hexafluorură de sulf și cu autoformare de gaze.

---

* Ing. *Fl. Tănăsescu* este secretar științific la I.C.P.E.

2.1. *Separatoare de sarcină cu suflaj magnetic*

Stingerea arcului electric cu ajutorul suflajului magnetic este binecunoscută la aparatajul de joasă tensiune. În ultimii ani [21], [22] au început să se construiască separatoare de sarcină

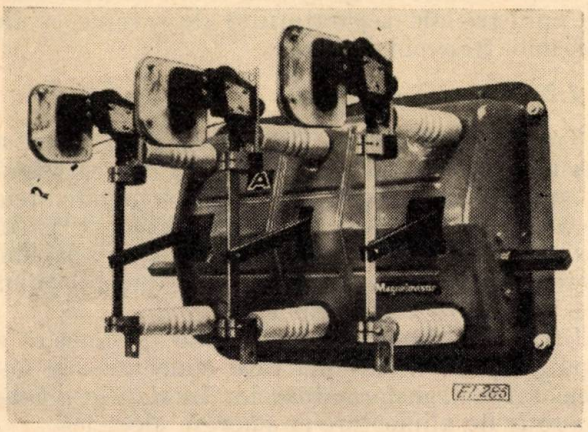


Fig. 1. Separator de sarcină cu suflaj magnetic tip magnetovizor.

pentru tensiuni de 7—23 kV şi curenţi de 200—400 A. Principiul de stingere al aparatului se bazează pe deplasarea arcului electric (care constituie un fascicul de particule încărcate) în interiorul camerei, sub acţiunea unui cîmp magnetic creat de o bobină.

Ultima realizare în acest domeniu, separatorul de sarcină magnetovizor, construit de firma Alsthome şi prezentat în figura 1, este garantat pentru deconectarea transformatoarelor pînă la 10 MVA, a instalaţiilor pînă la 4 000 CP şi a condensatoarelor pînă la 2 500 kVAr; în ipoteza ataşării siguranţelor fuzibile, puterea lor de rupere variază de la 200 la 1 500 MVA.

2.2. *Separatoare de sarcină cu rupere în hexafluorură de sulf*

În diferite aplicaţii din electrotehnică (transformatoare, condensatoare, întreruptoare) s-au folosit, în ultimii ani, gazele electronegative [23], [24], [25], [26]. Aceste gaze se caracterizează prin faptul că au o mare afinitate pentru electroni, ceea ce la aparatajul de comutaţie are o importanţă deosebită, întrucît mediul de stingere accelerează deionizarea coloanei arcului. Din familia acestor gaze, din care fac parte şi diclordimetanul (CF_2Cl_2), tetraclormetanul (Cl_4), hexafluorura de sulf (SF_6), cea mai mare răspîndire a căpătat-o ultimul [27].

Dintre proprietăţile mai importante ale SF_6 se pot menţiona următoarele:

— densitate de 5 ori mai mare decît a aerului (greutatea moleculară 146);

— se poate folosi în domenii mari de presiuni şi temperaturi (2,2 — 37 ata şi —51 la +45,5°C);

— rigiditate dielectrică mai mare de 2,4 ori decît a aerului;

— aptitudini excepţionale de rupere a arcului, explicate prin afinitatea mare pe care o are gazul de a fixa electronii liberi;

— este incombustibil.

În literatura de specialitate din S.U.A. [28], [29] se menţionează construirea unor tipuri de separatoare de sarcină cu camere de rupere închise, conţinînd SF_6 la diferite presiuni. Printre aplicaţiile cele mai frecvente se menţionează [10] aparatele pentru celulele blindate antideflagrante, destinate uzinelor, echipamentele pentru locomotive electrice, instalaţiile de distribuţie (cuplarea şi decuplarea transformatoarelor sau alternatoarelor). Aparatele sînt destinate unei game de tensiuni de 15—161 kV şi de curenţi pînă la 600 A la un cos φ de 0,5—1, dar rup în bune condiţii şi curenţii magnetizanţi ai transformatoarelor sau capacitivi ai bateriilor de condensatoare.

Acest gen de construcţie şi-a găsit o largă aplicare în S.U.A. Soluţia oferă avantaje importante datorită proprietăţilor bune ale mediului de stingere, dar impune realizarea unei tehnologii perfecte, mai ales în ceea ce priveşte problema etanşării. De asemenea, există încă probleme dificile în alegerea unor materiale ce intră în componenţa aparatului şi care nu sînt compatibile cu SF_6.

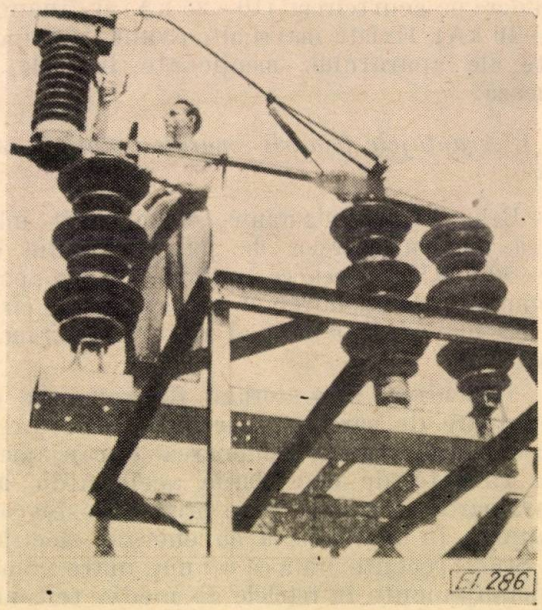


Fig. 2. Separator de sarcină cu rupere în hexafluorură de sulf (SF_6).

2.3. *Separatoare de sarcină cu autoformare de gaze*

Aparatele cuprinse în această grupă îşi creează singure mediul de stingere prin acţiunea arcului ce ia naştere la separarea contactelor asupra pereţilor camerei de stingere, realizată dintr-un material gazogen (polimetilmetacrilat, melamină sau diferite răşini termoplastice) [30], [31].

Frecvența de conectare a separatoarelor de sarcină este foarte diferită și poate varia de la cîteva conectări pe an pînă la mai multe pe zi, în orice caz se situează în gama 50—100 funcționări [12]. Pînă în momentul de față nu

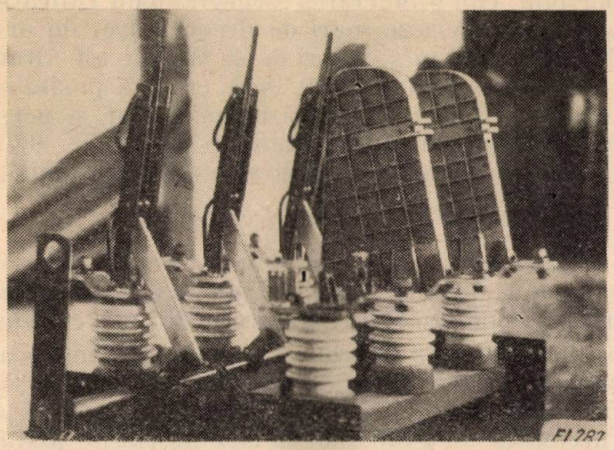


Fig. 3. Separator de sarcină cu camere plate și autoformare de gaze tip Siemens.

există încă stabilit, de norme, numărul minim de operații care trebuie să fie executate de camera de stingere fără un control al acesteia; în general însă în literatură se indică drept număr de deconectări garantate cifra de 2—300 [4].

Experiențe făcute de autor asupra unor camere de stingere din polimetilmetacrilat [32] au arătat că această cifră poate fi mărită dacă, preventiv, după un număr determinat de manevre, se fac curățări prealabile.

Uneori, pentru activarea stingerii arcului, autoformarea de gaze este completată și de injectarea unui curent de aer comprimat, din această categorie făcînd parte separatoarele produse de unele firme din R.F. Germană, Elveția, Ungaria, România etc., ale căror performanțe sînt ridicate [1], [32], [33].

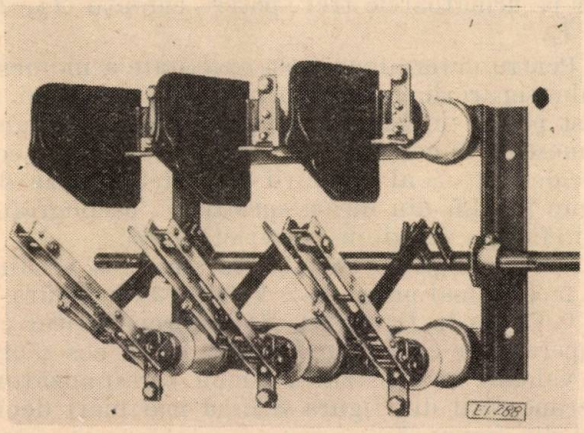


Fig. 4. Separator de sarcină cu camere plate și autoformare de gaze tip Concordia.

În general, toate construcțiile de separatoare de sarcină din această categorie au avantajul că separarea contactelor (părților sub tensiune) este vizibilă. Cele mai răspîndite construcții sînt următoarele.

Separatoare de sarcină cu autoformare de gaze, cu cuțit auxiliar și mișcare circulară. Cele mai reprezentative tipuri din această categorie sînt aparatele produse de firmele Siemens și Concordia, prezentate în figurile 3 și 4. Constructiv, ele se aseamănă cu separatoarele normale de tensiune, cărora li se adaugă camerele de stingere și cuțitele auxiliare cu elementele respective. Cuțitul auxiliar poate fi plasat între cuțitele principale, ca la construcția Siemens, sau exterior lor, ca la construcția Concordia. Camera de stingere este plată, realizată din melamină, la primul tip, și din polimetilmetacrilat, la cel deal doilea.

Cinematica acestor aparate prezentată în figura 5 este simplă și permite obținerea unor viteze ridicate. În funcționare, cuțitele principale și auxiliare sînt închise în contactele lor. La comanda de declanșare a separatorului de

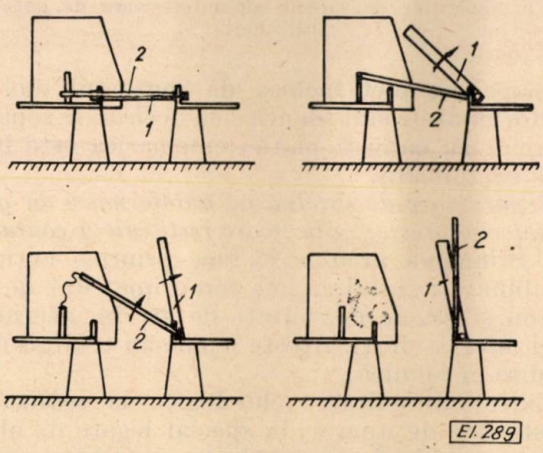


Fig. 5. Schema cinematică a deschiderii separatorului de sarcină cu camere plate.

sarcină se deschid mai întîi contactele principale *1*, cuțitele auxiliare *2* rămînînd încă în contacte; după ce cuțitele principale s-au deplasat suficient de mult pentru a nu putea apărea o străpungere a intervalului de aer dintre cuțit și contact, cuțitele auxiliare sînt eliberate și, datorită unor resoarte auxiliare, li se imprimă o viteză mare. Ruperea arcului electric se face în interiorul camerei de stingere.

Ca performanțe, aparatele descrise sînt destinate a deconecta curenți nominali de la 200 pînă la 1000 A, într-o gamă de tensiuni de 10, 20, 30 kV, și la un cos $\varphi > 0{,}7$. Ele au viteză mare de deconectare, sînt simple, ieftine, fiind în prezent mult utilizate în rețelele de medie tensiune.

Ca subvariantă, firma Driescher [34] construiește separatoare de sarcină asemănătoare ca principiu de funcționare (fig. 6), dar cu cuțitul auxiliar din bară circulară de oțel, avînd la vîrf

pastilă de Cu-W pentru a atenua efectul arcului. Intrarea cuţitului pe deasupra camerei are avantajul formării unei presiuni mai mari în camera de stingere, ceea ce contribuie la fragmentarea rapidă a arcului electric (camera este

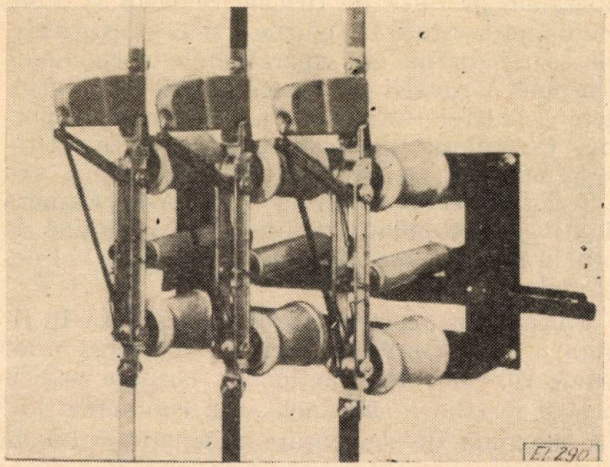


Fig. 6. Separator de sarcină cu autoformare de gaze tip Driescher.

aproape complet închisă de contactul mobil). Performanţele sînt identice cu acelea ale separatoarelor cu cameră plată ; cinematica este însă mai complicată.

Separatoare de sarcină cu autoformare de gaze şi autocompresie, cu mişcare rectilinie a contactelor. Stingerea arcului se face printr-o acţiune combinată : suflaj cu aer comprimat dat de un piston şi gazele dezvoltate de arc în interiorul unei mici cavităţi. Aceste tipuri au o largă răspîndire în tehnică.

Există dificultăţi tehnologice la realizarea acestui tip de aparat, în special legate de obţinerea unei deplasări perfect rectilinii a contactelor mobile şi a simultaneităţii funcţionării lor ; de asemenea, gabaritul este mai mare ca cel al separatoarelor basculante, iar viteza, mai mică decît la alte tipuri, favorizează apariţia reamorsărilor la deconectare.

3. Rezultate experimentale efectuate pe modele

Analiza diferitelor tipuri de separatoare de sarcină scoate în evidenţă avantajele deosebite din punct de vedere tehnico-economic pe care le prezintă aparatele descrise la paragraful 2.3. În acest sens, diferite încercări experimentale s-au făcut pe două separatoare de sarcină cu caracteristici identice, de construcţie Siemens şi Concordia, 10 kV, 400 A, puterea de rupere 7 MVA.

Experimentările făcute au urmărit verificarea vitezei de deconectare şi a puterii de rupere a modelelor.

3.1. *Determinarea vitezei de deconectare*

Această verificare s-a făcut printr-o metodă indirectă, în sensul că s-au oscilografiat timpii în care cuţitul mobil, în deplasarea sa, stabilea o serie de contacte, momente înregistrate de oscilograf. Cunoscîndu-se şi distanţa dintre două valori bine determinate ale timpului, s-a putut determina în mod simplu viteza în diferitele porţiuni. Din prelucrarea oscilogramelor ridicate au rezultat viteze mari de deconectare, de ordinul a 8—10 m/s, valori duble faţă de ale altor tipuri de aparate. Acest lucru creează posibilităţi de extindere a utilizării aparatelor şi pentru regimuri de funcţionare la $\cos \varphi < 0{,}7$, bineînţeles după o experimentare prealabilă.

3.2. *Determinarea puterii de rupere*

Puterea nominală a aparatului se determină ca produsul dintre curentul nominal, tensiunea nominală de restabilire şi factorul de fază, care în cazul circuitelor trifazate este $\sqrt{3}$ [35]. În ceea ce priveşte tensiunea de revenire ,ea trebuie să fie minimum 0,9 U_n (U_n tensiunea nominală). Încercările s-au efectuat în laboratorul de joasă tensiune din I.C.P.E. [36], al cărui domeniu a fost extins şi pentru o serie de încercări pînă la 20 kV, prin ridicarea tensiunii de la barele de 0,5 kV, cu ajutorul unui transformator uscat, pînă la 20 kV. Succesiunea operaţiilor a fost impusă de un comutator program, întreg ciclul de încercare fiind cuprins în circa 0,3 s.

Variind sarcina, a fost posibil să se obţină valori diferite pentru curenţii de încercare, ca şi $\cos \varphi$, la care s-au făcut probele. În cele ce urmează se prezintă cîteva dintre oscilogramele cele mai semnificative ridicate la aceste probe.

Separatorul tip Siemens. Încercările efectuate la valorile nominale au arătat funcţionarea corectă a aparatului. În figurile 7 şi 8 sînt prezentate două oscilograme ale deconectării unor curenţi de 500 A la $\cos \varphi = 0{,}6$ şi 620 A la $\cos \varphi = 0{,}33$. Pe primele trei spoturi au fost plasate tensiunile U_R, U_S, U_T, care apar la bornele aparatului după ce curentul a fost întrerupt, iar pe următoarele trei spoturi, curenţii I_R, I_S şi I_T.

Pentru determinarea cu exactitate a momentului separării contactelor pe axul aparatului, a fost plasat un contact alimentat cu o tensiune cunoscută ; momentul întreruperii curentului coincide cu acela al separării contactelor. Baza de timp rezultă din însăşi construcţia oscilografului : fiecare diviziune reprezintă 0,01s.

Din oscilogramă rezultă că stingerea arcului se face în mai puţin de 2 T (0,0282 s în figura 7 şi 0,0315 s în figura 8). Se confirmă faptul că ruperea este cu atît mai dificilă cu cît $\cos \varphi$ are o valoare mai scăzută, timpii corespunzători deconectării din figura 8 fiind mai mari decît cei din figura 7.

Tensiunile de restabilire care apar la contactele polilor au valori reduse, cuprinse între 5,75 kV/pol şi 5,96 kV/pol, deci ruperea arcului se face cu supratensiuni extrem de mici, în limitele admise de norme.

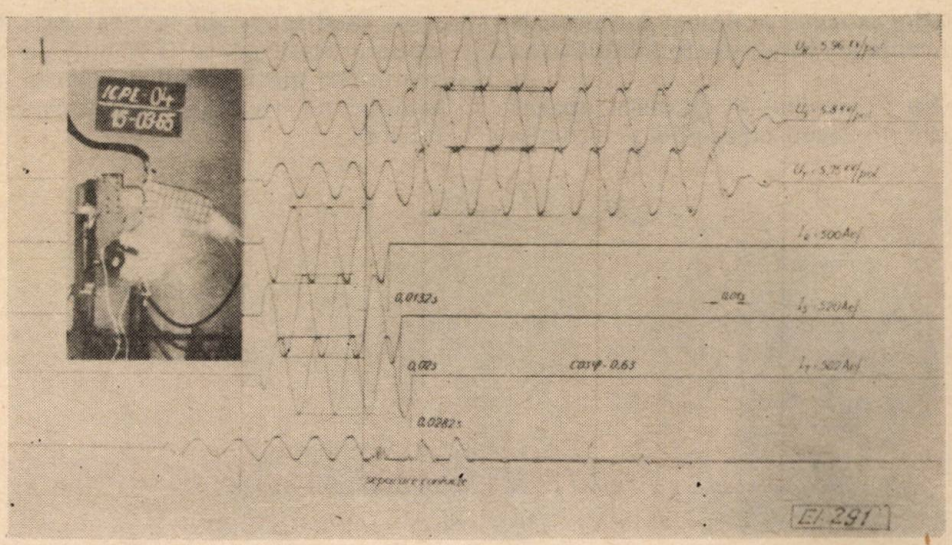


Fig. 7. Oscilograma deconectării unui curent de 500 A la $\cos\varphi = 0{,}6$, cu separatorul de sarcină tip Siemens.

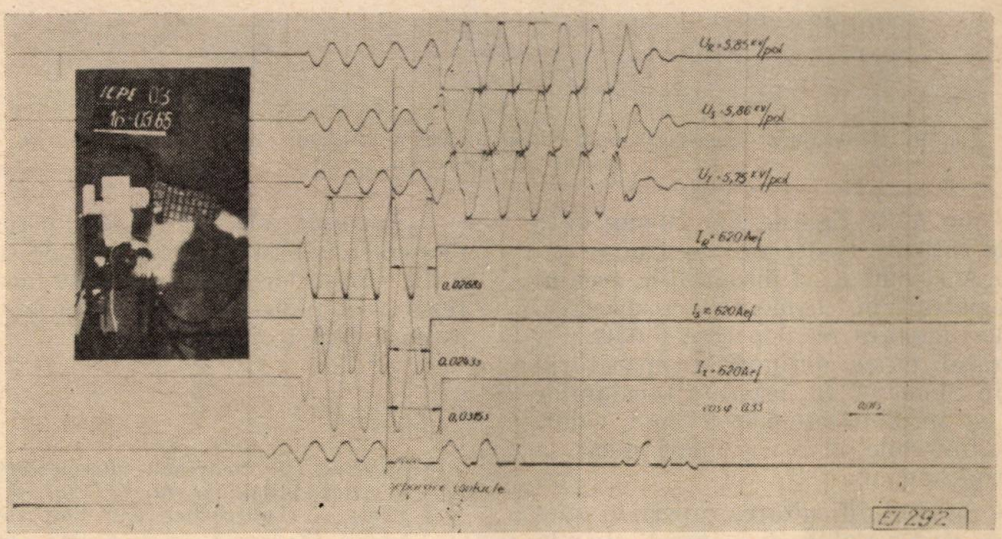


Fig. 8. Oscilograma deconectării unui curent de 600 A la $\cos\varphi = 0{,}3$, cu separatorul de sarcină tip Siemens.

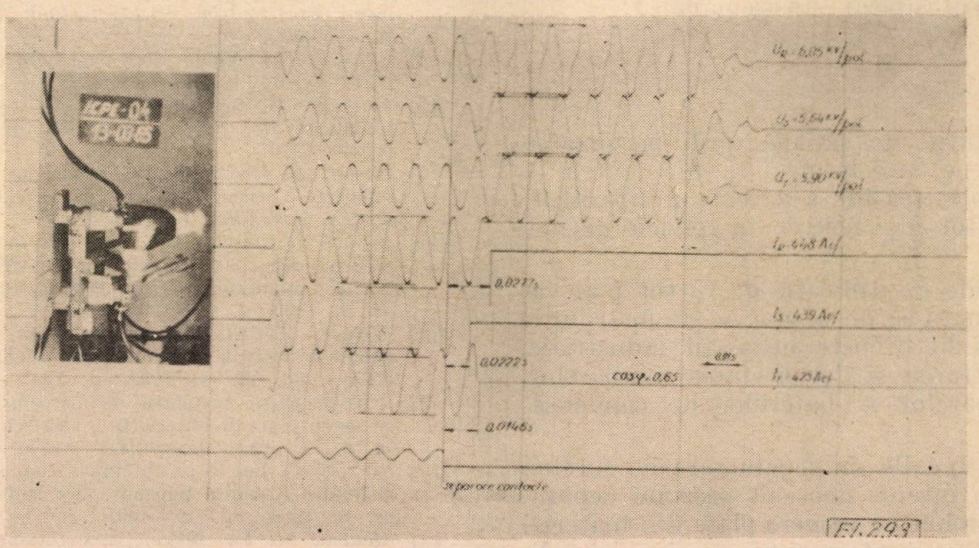


Fig. 9. Oscilograma deconectării unui curent de 425 A la $\cos\varphi = 0{,}65$, cu separatorul de sarcină tip Concordia.

În stînga oscilogramelor se dau şi fotografiile deconectării curenţilor, înregistrate simultan cu oscilogramele.

Separatorul tip Concordia. Şi cu acest aparat s-au făcut o serie de deconectări pînă la curenţii

— Realizarea de separatoare de sarcină cu camere plate poate fi făcută cu uşurinţă, fără schimbări mari tehnologice, prin adăugarea sistemului de stingere la separatoarele normale de tensiune.

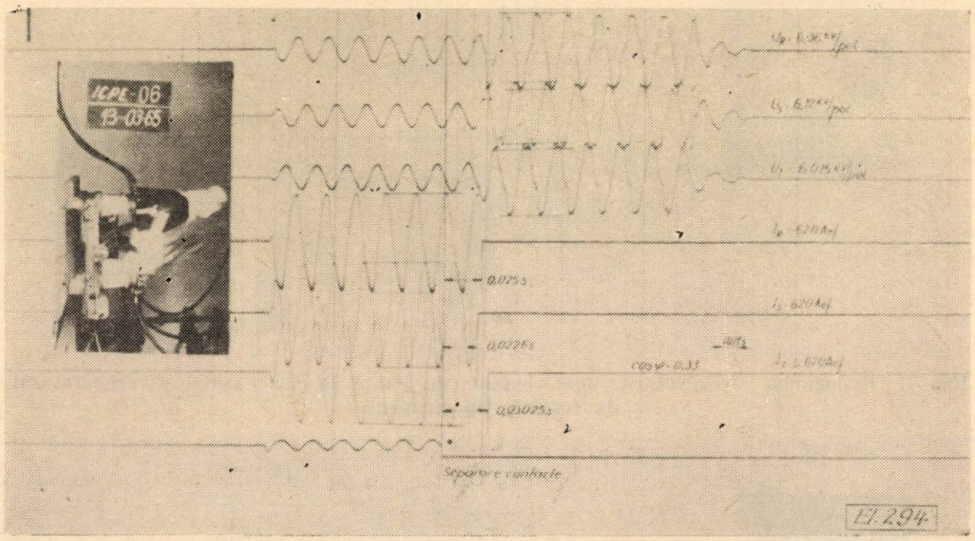


Fig. 10. Oscilograma deconectării unui curent de 620 A la cos φ = 0,33, cu separatorul de sarcină tip Concordia.

de ordinul a 600 A. În figurile 9 şi 10 sînt date oscilogramele ridicate la deconectarea unor curenţi de 425 A şi 620 A, şi fotografiile arcului electric înregistrat în momentele respective. Timpii de deconectare nu depăşesc 0,03025 s, fiind comparabili cu cei obţinuţi la separatorul de sarcină tip Siemens. În privinţa tensiunilor de revenire, ele nu depăşesc 6,36 kV/pol, valori în limitele admisibile, dar mai mari decît la separatorul tip Siemens.

Concluziile privind dificultatea ruperii la micşorarea cos φ sînt valabile şi la acest tip; la aceleaşi valori ale curenţilor de deconectat, aspectul vizual al ruperii este asemănător.

4. Concluzii

— Separaturul de sarcină, prin performanţele ridicate pe care le oferă şi consecinţele ce derivă din folosirea lui, a devenit un aparat de deconectare tot mai utilizat în reţelele de medie tensiune.

— Domeniile de aplicaţie devin tot mai variate, extinzîndu-se de la staţiile de distribuţie a energiei şi la diferite instalaţii industriale, pentru conectarea şi deconectarea motoarelor, transformatoarelor şi bateriilor de condensatoare.

— Dintre tipurile de separatoare de sarcină analizate, un interes deosebit prezintă separatoarele de sarcină cu camere plate din material gazogen, atît ca performanţe, cît şi ca simplitate şi preţ de cost.

— Încercarea la puterea de rupere nu a arătat deosebiri esenţiale între aparatele studiate; valorile curenţilor la care au fost încercate (cu o rezervă de peste 50% faţă de curentul nominal) se consideră a fi bune.

Bibliografie

[1] *Schneider, J.* Nouveaux interrupteurs sectionneurs. In: Rev. B.B.C., **44**, nr. 12, 1957, p. 558–564.

[2] *Buter, J.* Lastschalter und Lasttrennschalter. In: ETZ-B **10**, nr. 12, 1958, p. 449–453.

[3] *Blaschke, M.* Der Leistungstrennschalter und seine Anwendungsmöglichkeiten in neuzeitlichen Schaltanlagen. In: Deutsche Elektrotechnik **12**, nr. 12, 1958, p. 420–422.

[4] *Gurvici, B. V.* Vîcljuciateli nagruşchi vîsocov napreajcnia i privodî k nim. Moscova, GEI, 1956.

[5] *Kueneke, W.* Schalgeräte für Mittelspannungsschaltanlagen. In: AEG – Mitt. **51**, nr. 9–10, 1961, p. 315–320.

[6] *Körber, R.* Lasttrennschalter mit unter Lastauswechselbaren Verschleissteilen. In: Elektro-Anzeiger **16**, nr. 22, nov 1963, p. 19–24.

[7] *Feindt, H.* Einsatzmöglichkeit und betriebliche Beaussprechungen von Innenraum-Lasttrennschaltern für Mittelspannungsnetze. In: Elektrizitätswirtschaft **59**, nr. 8, 1960, p. 227–230.

[8] *Werner, W.* Erkenntnisse aus des Störungs – und Schadensstatistik für Drehstromschaltanlagen. In: ETZ-A **83**, nr. 6, 1962, p. 164.

[9] * * * Despre instalaţii de distribuţie de 3–10 kV cu separatoare de putere. In: Deutsche Elektrotechnik **71**, nr. 2, 1954, dosar IDT 31876.

[10] *Fernier, B.* Les interrupteurs à coupure en charge en moyenne et haute tensions. In: Bull. de l'ATM **77**, nr. 6, 1964, p. 449–469.

[11] *Mouton, M.* Les disjoncteurs-sectionneurs associés à des fusibles et les interrupteurs-sectionneurs. In: Bull. de l'ATM **77**, nr. 6, 1964, p. 429–447.

[12] *Szente-Varga, H. P.* Einsatzmöglichkeiten und Schaltleistungsprüfung moderner Leistungstrennschalter. In : B. B. Mitt. **49**, nr. 9—10, 1962, p. 463—472.
[13] *Baltensperger, P.* şi *Meyer, H.* Über Spannungen beim Abschalten von Hochspannungsmotoren. In : B. B. Mitt. **40**, nr. 7, 1953, p. 342—349.
[14] *Warelmann, R.* Der zeitiger Entwicklungsstand Leistungs — und Lasttrennschaltern für Mittelspannungsnetze. In : Elektrizitätswirtschaft **59**, nr. 8, 1960, p. 227—230.
[15] *Kozlov, O.* O primenenie vîcliuciateli nagruzki vîsocovo napreajenia i privodî k nim. In : Elektricestvo, nr. 4, 1957, p. 84—86.
[16] *Kozlov, V. A.* şi *Ermeleev, D. D.* Utilizarea separatoarelor de putere pentru anclanşarea automată a rezervei. In : Electricitatea, nr. 6, 1955, p. 121—125.
[17] *George, J.* şi *Mean, E.* Utilisation des interrupteurs à coupure en charge dans les postes 150 et 36 kV et les tableaux HT des services auxiliaires des centrales. CIGRÉ, 1962, t. **II**, rap. 151.
[18] *Feindt, H.* Lasttrennschalter für Mittelspannungs-Innenraumanlagen. In : Elektro-Anzeiger, nr. 3, 1957, p. 413—415.
[19] *Panek, J.* şi *Novotny, V.* Vhodnost spinacu vu vypinani kondensatorovnych baterii. In : Elektrotechnik **14**, nr. 3, 1959, p. 88—91.
[20] *Fleck, Botho* şi alţii. Schaltgeräte, Schaltanlagen und Leistungkondensatoren. In : ETZ-A **81**, nr. 13, 1960, p. 460—466.
[21] *Schultze, H.* Technik der Wechselstrom-Hochspannungs Schalter. Berlin, Verlag Technik, 1961.
[22] * * * Magnetovisor, interrupteur sectionneur à soufflage magnétique, 7, 2 à 23 kV, 200 et 400 A. Catalogue Alsthome 13.047, juin 1963.
[23] *Browne, T. E.* şi *Leeds, W. N.* Un nouvel agent d'extinction pour l'appareillage d'interruption. CIGRÉ, 1962, t. **II**, rap. 111.
[24] *Leeds, W. N.* şi alţii. The use of SF_6 for high power arc quencing. In : Trans. AIEE **76**, p. III, 1957, p. 906—909.
[25] *Lingal, M. J.* şi *Owens, J. B.* A new high voltage out door load interrupter switch. In : Trans. AIEE **72**, p. III, 1952, p. 293—297.
[26] *Easley, G. J.* A new low-voltage SF_6 power circuit breaker. In : Westinghouse Engr. **21**, nr. 3, 1961, p. 82—83.
[27] *Artur, A.* Préparations, propriétés physiques, chimiques et applications générales de l'hexafluorure de soufre. In : Bull. SFE **8**, tom. **III**, 1962, p. 514—523.
[28] *Upton, C. N.* Applications of load-break switches and automatic grounding switches. In : Westinghouse Engr. **17**, nr. 4, 1957, p. 103—105.
[29] *Mikos, J. J.* A new concept for switching subtransmision circuit. Proc. Amer. Power Conf., March 1960, vol. **22**, Chicago, Illinois Inst. Technology, 1960, p. 655—660.
[30] *Delevoy, M. V.* Applications des résines époxides dans l'appareillage de coupure haute tension. In : Bull. SFE **7**, t. IX, 1961, p. 556—560.
[31] *Ustinov, S.N.* K voprosu o stoicosti electroizolaţionîh mas k electricescoi dughe. In : Plasticeschie masî, nr. 3, 1961, p. 37—39.
[32] *Tănăsescu, Fl.* Tendinţe noi în proiectarea şi exploatarea separatoarelor de sarcină. Lucrări prezentate la a patra sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice I.C.P.E., vol. **I**, Bucureşti, IDT, 1964, p. 119—131.
[33] *Preda, M.* şi *Herşcovici, B.* Separatoare de putere de producţie indigenă realizate la „Electroputere"-Craiova. In : Electrotehnica **11**, nr. 11—12, 1963, p. 427—433.
[34] *Hameister, S.* Lasttrennprüfungen bei der Kema. In : Elektrizitätswirtschaft **37**, nr. 2, 1958, p. 544—547.
[35] STAS 3686-63. Întreruptoare de putere pentru tensiuni alternative peste 1 kV. Condiţii generale.
[36] *Pesici, M.* şi alţii. Staţie de încercări la putere de rupere pentru aparatajul de joasă tensiune. In : Buletinul institutului de cercetări electrotehnice **1**, nr. 1, 1961, p. 5—16.

Intrat în redacţie la 7.V.1965.

Contactoare statice cu tiristoare

Emanoil Vărzaru * — Bucureşti

CZ 621.382.333.3 : 621.316.53

După anul 1957, cînd au început a fi produse în serie, tiristoarele (dispozitive statice analoge tiratroanelor) au găsit multiple aplicaţii în tehnica curenţilor tari. Avînd două stări stabile, tiristoarele pot îndeplini funcţia unui contactor de curent continuu sau de curent alternativ.

Tiristoarele sînt dispozitive statice cu patru straturi (fig. 1, *a*).

Caracteristica tiristorului în cazul lipsei semnalului de comandă este indicată în figura 1, *c* (sensul pozitiv al tensiunii şi curentului este indicat în figura 1, *a*). După cum se vede, în lipsa semnalului de comandă, tiristorul blochează trecerea curentului în ambele sensuri în domeniul tensiunilor admisibile.

În cazul aplicării semnalului de comandă, prin închiderea întreruptorului c_1 (fig. 2), tiristorul se deschide permiţînd circulaţia curentului în sens pozitiv. Curentul, în această situaţie, nu este limitat decît de rezistenţa *R*.

* Ing. *E. Vărzaru* este proiectant şef la I.P.A.

După deschiderea tiristorului, circuitul de comandă poate fi întrerupt (întreruptorul c_1 deschis), tiristorul rămîne în continuare în stare de conducţie. El îşi recapătă caracteristicile

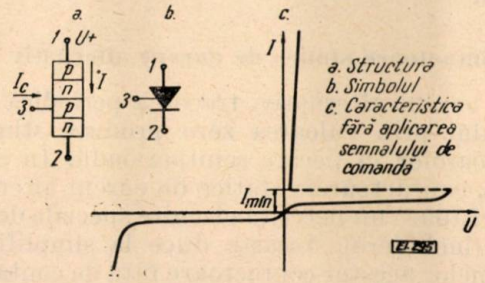


Fig. 1. Tiristorul :
1 — anodul; *2* — catodul; *3* — electrodul de comandă.

iniţiale numai dacă curentul scade sub valoarea curentului de menţinere a conducţiei I_{min} (fig. 1, *c*). Aceasta se obţine în schemele de curent alternativ prin trecerea periodică a cu-

rentului prin valoarea zero. În aceste scheme tiristorul trebuie reaprins la fiecare perioadă. În schemele de curent continuu, în cazul contactoarelor statice, de exemplu, stingerea tiristorului se realizează prin aplicarea, pentru scurt timp, la bornele acestuia a unei tensiuni (de exemplu prin intermediul unui condensator încărcat k_1 ca în fig. 2) de polaritate inversă față de sensul de conducție a tiristorului. Pentru stingerea sigură a tiristorului, timpul de aplicare a acestei tensiuni trebuie să fie mai mare decît timpul de stingere al tiristorului t_{st}, care este de ordinul 20 μs.

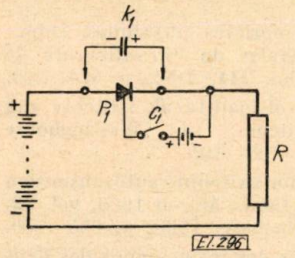


Fig. 2. Comanda tiristorului : c_1 – întreruptor ; k_1 – condensator de stingere ; p_1 – tiristor ; R – rezistență de sarcină.

Contactoarele realizate pe baza tiristoarelor care nu au piese în mișcare se numesc contactoare statice. Față de contactoarele convenționale electromecanice, ele prezintă următoarele avantaje :

– nu necesită nici un fel de întreținere ;

– au o durată de utilizare practic nelimitată ;

– permit folosirea lor la frecvențe de conectare foarte ridicate (de ordinul a 10–20 kHz), la care contactoarele electromecanice nu pot fi utilizate ;

– absența oricăror zgomote, vibrații, scîntei sau arcuri electrice ;

– timp foarte scurt (de ordin de zeci de microsecunde) necesar pentru „închidere", respectiv „deschidere" ;

– puterea necesară pentru comandă extrem de redusă ;

– în cazul curentului alternativ „deschiderea" contactorului static se face întotdeauna la trecerea curentului prin zero, ceea ce elimină apariția unor supratensiuni în cazul circuitelor de sarcină inductive.

În continuare vor fi analizate schemele contactoarelor statice de curent alternativ și continuu.

1. Contactoare statice de curent alternativ

În curent alternativ, trecerea periodică a curentului prin valoarea zero produce stingerea tiristoarelor în fiecare semiperioadă. În consecință, contactoarele statice de curent alternativ cu tiristoare nu necesită circuite speciale de stingere (închidere). Aceasta duce la simplificarea schemelor acestor contactoare față de contactoarele statice de curent continuu, care necesită circuite de stingere. Un dezavantaj al contactoarelor statice de curent alternativ îl constituie faptul că întreruperea curentului nu se poate face în orice moment. Între comanda de întrerupere și anularea curentului poate trece un interval de timp a cărui valoare maximă este o semiperioadă, ceea ce – de exemplu în cazul întreruperii curenților de scurtcircuit – poate prezenta importanță.

O schemă simplă de contactor static de curent alternativ este indicată în figura 3. Tiristoarele

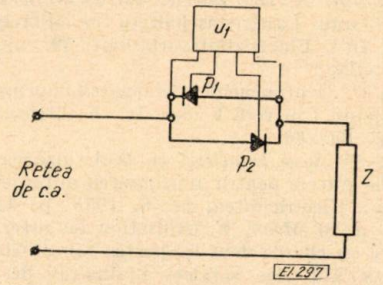


Fig. 3. Contactor static de curent alternativ : p_1, p_2 – tiristoare ; u_1 – dispozitiv de comandă ; Z – sarcina.

p_1 și p_2 conduc alternativ curentul în cîte o semiperioadă. Dispozitivul de comandă u_1, pe întreaga durată în care contactorul este „închis", aplică tiristoarelor p_1 și p_2 un semnal de comandă continuu. Aplicarea unui semnal continuu în acest caz nu duce la pierderi suplimentare în tiristorul blocat, deoarece tensiunea inversă care i se aplică este foarte mică (căderea de tensiune pe tiristorul care conduce este de aproximativ 1 V). Circuitele de comandă ale celor două tiristoare trebuie să fie separate galvanic.

La aplicarea semnalului de comandă, contactorul se „închide" practic instantaneu. La întreruperea semnalului de comandă, contactorul se „deschide", așa cum s-a arătat anterior, la prima trecere a curentului prin zero.

O variantă a schemei din figura 3 este indicată în figura 4. Această schemă nu conține decît un singur tiristor montat în diagonala de curent continuu a punții formate de diodele n_1, n_2, n_3 și n_4. Prin acest tiristor circulă ambele alternanțe ale curentului alternativ. Ca și în

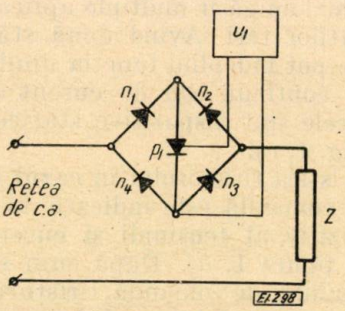


Fig. 4. Contactor static de curent alternativ cu un singur tiristor : n_1, n_2, n_3, n_4 – diode ; u_1 – dispozitiv de comandă ; Z – sarcina ; p – tiristor.

cazul precedent, pe întreaga durată în care contactorul static este „închis", tiristorul primește un impuls de comandă continuu. Schema are avantajul că utilizează în loc de două tiristoare

un singur tiristor, ceea ce duce la o soluție mai economică. De asemenea, dispozitivul de comandă în acest caz este mai simplu. Dacă contactorul static poate fi comandat cu ajutorul unui contact electric (contactul unui releu sau, de preferință, un contact electric închis ermetic în vid într-un balonaș de sticlă și acționat din exterior printr-o bobină sau un magnet permanent), dispozitivul de comandă poate să lipsească (fig. 5). În acest caz „deschiderea" și „închiderea" contactorului static se realizează cu ajutorul contactului b_1.

Funcționarea are loc în felul următor :

Să presupunem contactul b_1 închis și să ne situăm la începutul unei alternanțe a tensiunii alternative avînd polaritatea în sensul de conducție al tiristorului p_1. În această situație rezistența r_1 și bornele catod-electrod de comandă ale tiristorului p_2 sînt scurtcircuitate de dioda n_2. Tensiunea (dacă neglijăm impedanța de sarcină Z) se repartizează pe rezistențele r_3 și r_1. În momentul în care tensiunea pe rezistența r_1 atinge valoarea tensiunii de comandă a tiristorului p_1, acesta se aprinde și întreaga tensiune

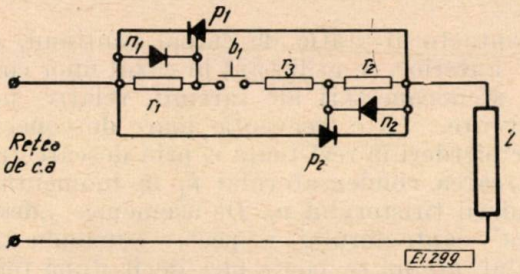


Fig. 5. Contactor static de curent alternativ fără dispozitiv de comandă :
b_1 — contact de comandă ; n_1 n_2 — diode ; p_1, p_2 — tiristoare ; r_1, r_2, r_3 — rezistențe.

alternativă se aplică asupra sarcinii. La sfîrșitul semiperioadei, curentul prin tiristorul p_1 se anulează și tiristorul trece în stare blocată. În alternanța următoare, în mod identic, se aprinde tiristorul p_2. În consecință contactorul permite circulația curentului alternativ în ambele sensuri cu o scurtă pauză după fiecare trecere a curentului prin zero.

La deschiderea contactorului b_1 la prima trecere a curentului prin zero, contactorul static se „deschide".

Această variantă a contactorului static de curent alternativ poate fi de asemenea realizată cu ajutorul unui singur tiristor și al unei punți de diode, analog cu schema din figura 4.

Schemele de contactoare statice analizate se referă la circuite monofazate. În cazul circuitelor trifazate se utilizează schema din figura 6. În această schemă, ca și în schema din figura 3, tiristoarele p_1, p_2, și p_3 primesc impulsuri de comandă continue pe întreaga durată în care contactorul este „închis". Pentru a nu complica schema, dispozitivul de comandă al tiristoarelor nu a mai fost figurat.

În figura 6, circuitul de sarcină al contactorului static este constituit de un motor asincron în scurtcircuit. Contactorul însă poate fi utilizat pentru orice circuit de sarcină trifazat echilibrat sau nu. Prin montarea pe două din fazele

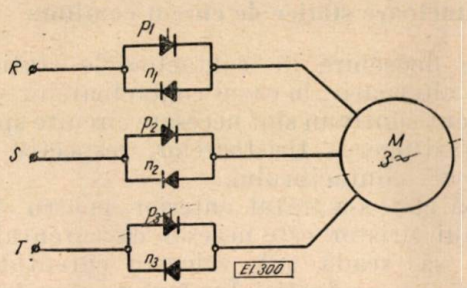


Fig. 6. Contactor static de curent alternativ trifazat :
M — motor asincron în scurtcircuit ; n_1, n_2, n_3 — diode ; p_1, p_2, p_3 — tiristoare.

motorului, a cîte două perechi de tiristoare și diode, se poate obține un contactor static care permite inversarea sensului de rotație a motorului.

Datorită relației care există în orice moment între curenții i_1, i_2 și i_3 din fazele unei rețele trifazate fără fir neutru :

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0,$$

după cum se vede din figura 6, pe fiecare fază se montează numai un singur tiristor, celălalt tiristor din schema din figura 4 fiind înlocuit cu o diodă.

Și în acest caz este posibilă eliminarea dispozitivului de comandă al tiristoarelor, prin comanda contactorului static cu ajutorul a trei contacte electrice acționate simultan, analog cu schema din figura 5.

În cazul în care sarcina este constituită de un circuit în stea cu firele care vin la punctul neutru accesibile, schema contactorului static se simplifică.

În figura 7 se indică un astfel de exemplu, în care sarcina este constituită de un motor asincron în scurtcircuit, cu înfășurările conectate în stea și cu toate capetele înfășurărilor

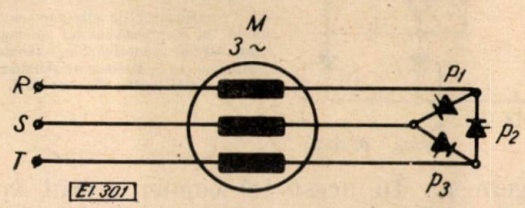


Fig. 7. Schemă simplificată a contactorului static trifazat :
p_1, p_2, p_3 — tiristoare.

accesibile. Tiristoarele p_1, p_2, p_3 sînt de asemenea comandate cu un impuls de comandă continuu pe întreaga durată în care contactorul static este „închis", respectiv motorul este conectat la rețea.

Ţinînd seamă de timpul necesar pentru stingerea tiristoarelor, contactoarele statice cu tiristoare pot fi utilizate în circuite de curent alternativ avînd o frecvenţă pînă la 20 kHz.

2. Contactoare statice de curent continuu

Spre deosebire de contactoarele statice de curent alternativ, în cazul contactoarelor statice de curent continuu sînt necesare circuite speciale pentru stingerea tiristoarelor, respectiv ,,deschiderea" contactorului.

După cum s-a arătat anterior, pentru stingerea unui tiristor este necesar ca curentul prin acesta să scadă sub valoarea curentului de menţinere a conducţiei. În afară de aceasta, pentru o stingere sigură este necesar ca timpul între scăderea curentului sub valoarea zero şi apariţia unei tensiuni în sensul pozitiv de conducţie al tiristorului să fie mai mare decît timpul de stingere al tiristorului, care este de ordinul 20—50 μs. Aceste condiţii se îndeplinesc în cazul în care la bornele anod-catod ale unui tiristor se conectează un condensator încărcat în prealabil cu o tensiune avînd polarităţile în sensul invers de conducţie al tiristorului. Timpul de descărcare al acestui condensator trebuie să fie mai mare decît timpul de stingere al tiristorului.

Practic, conectarea acestui condensator se realizează cu ajutorul unui al doilea tiristor denumit tiristor de stingere, a cărui putere este mult mai mică decît a tiristorului principal.

Schema unui contactor static de curent continuu este indicată în figura 8. Pentru ,,închiderea" contactorului se aplică un impuls de comandă tiristorului principal p_1; acesta se aprinde şi curentul va circula prin sarcina Z. În acelaşi timp condensatorul k_1 se încarcă prin rezistenţa r_1 la tensiunea U_c a sursei de curent continuu cu polarităţile indicate în figură.

Pentru întreruperea curentului prin sarcina Z se aplică un impuls de comandă tiristorului de

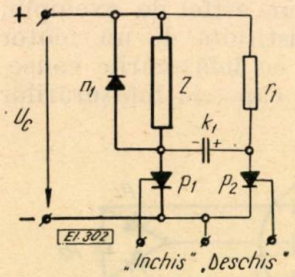


Fig. 8. Contactor static de curent continuu pentru frecvenţe joase de conectare: k_1 — condensator de stingere; n_1 — diodă (se montează numai în cazul unor sarcini inductive); p_1 — tiristor principal; p_2 — tiristor de stingere; r_1 — rezistenţă; Z — sarcină.

stingere p_2. În acest fel condensatorul k_1 se conectează la bornele anod-catod ale tiristorului p_1 aplicînd asupra acestuia o tensiune în sens invers sensului de conducţie, ceea ce duce la stingerea tiristorului p_1. În continuare condensatorul k_1 se descarcă, în serie cu sursa de tensiune continuă, prin sarcina Z_c şi se reîncarcă tot la tensiunea continuă U însă cu polarităţi inverse celor indicate în figură. Tiristorul p_2 rămîne în continuare aprins, conducînd curentul care trece prin rezistenţa r_1. Deoarece valoarea rezistenţei r_1 este mare, acest curent este foarte mic.

Pentru o nouă închidere a contactorului static se comandă tiristorul p_1. Condensatorul k_1 stinge în acest caz tiristorul p_2 şi se reîncarcă prin rezistenţa r_1 la polarităţile indicate în figură

Dioda n_1 se montează numai în cazul unor sarcini inductive şi are rolul de a înlătura supratensiunile care apar în schemă datorită unei întreruperi bruşte a curentului de sarcină. Aceste supratensiuni ar putea periclita tiristorul p_1.

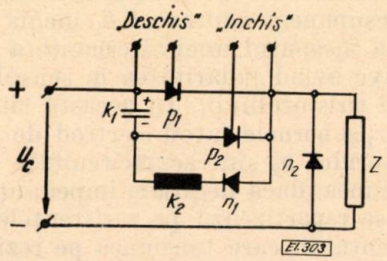


Fig. 9. Contactor static de curent continuu: k_1 — condensator de stingere; k_2 — bobină; n_1, n_2 — diode; p_1 — tiristor principal; p_2 — tiristor de stingere; Z — circuit de sarcină.

Contactorul static de curent continuu, descris anterior, se utilizează în cazul unor conectări şi deconectări ale sarcinii, relativ puţin frecvente. La o frecvenţă mare de conectare apar pierderi în rezistenţa r_1 prin descărcarea şi încărcarea condensatorului k_1 în momentul aprinderii tiristorului p_1. De asemenea ,,deschiderea" contactorului, respectiv comanda tiristorului p_2, nu se poate face decît după terminarea procesului tranzitoriu de reîncărcare a condensatorului k_1. Durata acestui proces tranzitoriu este relativ mare datorită valorilor mari ale rezistenţei r_1 şi ale condensatorului k_1.

Pentru frecvenţe mari de conectare se utilizează un contactor static avînd schema indicată în figura 9. Contactorul funcţionează în felul următor.

Înainte de punerea în funcţiune a contactorului se aplică un impuls de comandă tiristorului de stingere p_2 şi condensatorul k_1 se încarcă prin sarcina Z la tensiunea continuă U_c cu polarităţile indicate în figură. La terminarea încărcării condensatorului, curentul prin tiristorul p_2 se anulează şi el se stinge.

Pentru a ,,închide" contactorul se aplică un impuls de comandă tiristorului p_1. Sarcina este alimentată de la sursa de curent continuu. În acelaşi timp condensatorul k_1 se descarcă pe circuitul format de tiristorul p_1, dioda n_1 şi bobina k_2. Datorită prezenţei bobinei k_2, descărcarea are un caracter oscilant şi se opreşte, datorită diodei n_1, cînd curentul de descărcare tinde să-şi inverseze sensul. În această situaţie condensatorul k_1 se află încărcat tot la o tensiune aproximativ egală cu U_c însă cu polarităţi inverse celor din figură. Contactorul static este pregătit pentru a primi o comandă de ,,deschi-

dere". Pentru aceasta se aplică un impuls de comandă tiristorului de stingere p_2. În acest fel condensatorul k_1 se conectează la bornele anod-catod ale tiristorului p_1. Polaritatea tensiunii cu care este încărcat condensatorul fiind inversă cu sensul de conducție al tiristorului p_1, acesta se stinge. Urmează descărcarea și reîncărcarea condensatorului la tensiunea U_c cu polaritățile indicate în figură, prin circuitul format de sarcina Z și tiristorul p_2. La sfîrșitul încărcării, tiristorul p_2 se stinge și contactorul poate primi din nou o comandă de „închidere".

Dioda n_2 se montează numai în cazul unor sarcini inductive și are același rol ca în figura 8.

Deoarece descărcarea și încărcarea condensatorului k_1 în montajul din figura 9 nu se fac printr-o rezistență, frecvența de conectare a acestui contactor static poate fi mai mare, deoarece nu apar pierderi. Pauza dintre o comandă de „închidere" și alta de „deschidere" nu poate însă fi prea mare, deoarece condensatorul k_1 și-ar putea pierde încărcarea.

3. Protecția la suprasarcini cu ajutorul contactoarelor statice

Spre deosebire de contactoarele electromecanice, contactoarele statice cu tiristoare sînt mult mai sensibile la suprasarcini. În cazul utilizării contactoarelor statice se adoptă măsuri pentru protecția elementelor acestora. Aceste măsuri sînt de obicei suficiente și pentru protecția circuitelor de sarcină.

Cea mai simplă metodă de protecție constă în utilizarea siguranțelor ultrarapide care de cele mai dese ori se livrează împreună cu tiristoarele. Siguranțele ultrarapide se montează în serie cu tiristoarele pe care le protejează. În cazul contactoarelor statice de curent alternativ este posibilă, la o alegere corespunzătoare, montarea siguranțelor ultrarapide și în circuitul de curent alternativ.

Siguranțele ultrarapide au dezavantajul că trebuie înlocuite după fiecare deranjament. Din acest motiv, dacă se presupune că în circuitul de sarcină pot apărea deranjamente frecvente, se utilizează alte metode de protecție. În cazul contactoarelor statice de curent alternativ, cu ajutorul unor transformatoare de curent montate în circuitul de curent alternativ, se introduce în dispozitivul de comandă al tiristoarelor o mărime proporțională cu curentul care trece prin contactorul static. Cînd acest curent depășește o anumită valoare maximă admisă, semnalul de comandă al tiristoarelor este blocat și la prima trecere a curentului prin valoarea zero contactorul static întrerupe circuitul. După cum s-a arătat, contactorul static de curent alternativ nu întrerupe instantaneu cînd se anulează semnalul de comandă. Din acest motiv, pentru protecția contactorului și a sarcinii, în circuit se introduc inductanțe (în cazul că acestea nu există), care, chiar în cazul cel mai defavorabil, cînd scurtcircuitul apare la începutul unei semiperioade, limitează creșterea curentului de scurtcircuit în timpul unei semiperioade sub o valoare admisibilă.

Cu ajutorul contactoarelor statice de curent continuu se poate realiza o întrerupere mult mai rapidă a curentului de scurtcircuit. Una din

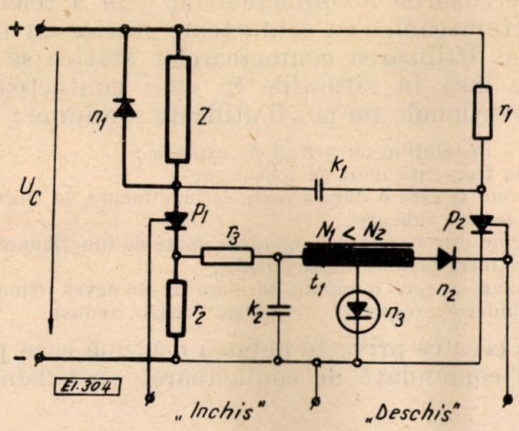


Fig. 10. Contactor static de curent continuu cu protecție la suprasarcini:

k_1, k_2 — condensatoare; n_1, n_2 — diode; n_3 — diodă tunel; p_1 — tiristor principal; p_2 — tiristor de stingere; r_1, r_2, r_3 — rezistențe; t_1 — autotransformator; Z — sarcina.

schemele utilizate în acest scop este indicată în figura 10, în care contactorul static de curent continuu din figura 8 este completat cu un circuit de protecție la scurtcircuit. Funcționarea are loc în felul următor:

În funcționare normală contactorul este „închis" și „deschis" cu ajutorul tiristoarelor p_1 și p_2. Cînd contactorul este „deschis", o parte mică din curentul care trece prin circuitul de sarcină este derivată prin rezistența r_1, înfășurarea N_1 a autotransformatorului t_1 și dioda tunel n_3 *. În cazul unui deranjament, cînd curentul de sarcină crește, curentul derivat prin circuitul de mai sus depășește valoarea critică a curentului diodei tunel n_3, care își mărește brusc rezistența. Dacă se presupune că în acest timp curentul prin diodă rămîne aproximativ constant, tensiunea la bornele diodei n_3 crește. Această creștere bruscă a tensiunii la bornele diodei tunel produce un impuls de tensiune pe înfășurarea N_1 a transformatorului t_1. Acest impuls este transmis la înfășurarea N_2 (care are un număr de spire mai mare decît înfășurarea N_1), rezultînd un impuls de comandă pentru tiristorul de stingere p_2 care „deschide" contactorul static.

Cu ajutorul acestui montaj se pot întrerupe curenții de scurtcircuit într-un interval de timp de ordinul a 50 μs, ceea ce face ca, practic, cu-

* Diodele tunel au proprietatea că la creșterea curentului în sens direct peste o anumită valoare, denumită valoare critică, își măresc brusc rezistența (la unele tipuri în, aproximativ, raportul 1 : 5).

rentul prin circuitul de sarcină (ţinînd seamă de existenţa unor cît de mici inductanţe) să fie limitat la valoarea la care a fost reglată intrarea în funcţiune a curentului de protecţie descris.

4. Concluzii

În momentul de faţă costul, încă relativ ridicat al tiristoarelor, nu justifică înlocuirea în toate cazurile a contactoarelor (sau a releelor) electromecanice cu contactoare statice cu tiristoare. Utilizarea contactoarelor statice se impune însă în situaţiile în care contactoarele convenţionale nu pot fi utilizate şi anume :

— în instalaţiile cu pericol de explozie ;
— la frecvenţe mari de conectare ;
— cînd se cere o durată mare de funcţionare, la frecvenţe de conectare ridicate ;
— cînd este necesară o siguranţă mare de funcţionare, iar o întreţinere periodică este dificilă ;
— cînd se cere o rapiditate mare de manevră (timp de „deschidere", respectiv „închidere" foarte redus).

În ceea ce priveşte puterea maximă care poate fi comandată de contactoarele cu tiristoare, ea depinde de realizările obţinute pînă în momentul de faţă în execuţia tiristoarelor (circa 200 A şi 800 V). Ţinînd seamă de posibilitatea de a conecta tiristoarele în serie şi în paralel, se poate aprecia că cu ajutorul contactoarelor statice în curent continuu se pot comanda în mod normal curenţi pînă la circa 0,4 kA, la tensiuni pînă la circa 2 kV (prin montarea a cîte trei tiristoare în serie şi în paralel).

Bibliografie

[1] *Ginsbach, K.H.* şi *Swoboda, R.* Eigenschaften und Anwendungen der Thyristoren. In : ETZ-B **16**, 1964, p. 673—676.
[2] *Gutzwiller, F. W.* Silicon Controlled Rectifiers Manual, 3- edition. General Electric Company. New York, 1964.
[3] *King, K.G.* The application of silicon controlled rectifiers to the control of electrical machines. In : PIEE **110**, 1963, p. 197—204.
[4] *Wagner, R.* Elektronischer Gleichstromsteller für die Geschwindigkeitssteuerung elektrischer Triebfahrzeuge. In : Siemens-Zeitschrift **28**, 1964, p. 14—19.

Intrat în redacţie la 5.V.1965

Pentru tînărul inginer

Determinarea modulului de elasticitate pe cale nedistructivă la materiale ceramice electrotehnice

Virgil Melconian şi Bruno Marcus* — Bucureşti

CZ 621.315.612. : 620.172 :539.32

Cunoaşterea modulului de elasticitate la materialele ceramice folosite în electrotehnică prezintă un deosebit interes.

In cazul izolatoarelor de înaltă tensiune prevăzute cu armături sau montate în instalaţii rigide prin îmbinări cu părţi metalice, comportarea izolatorului ceramic, din punct de vedere elastic, este determinantă în stabilirea influenţei variaţiilor de temperatură asupra tensiunilor mecanice. O importanţă la fel de mare prezintă şi cunoaşterea valorii modulului de elasticitate pentru materialele ceramice de înaltă frecvenţă folosite la subansambluri metal-ceramică.

Şi în cazul materialelor piezoelectrice din ceramică trebuie cunoscut domeniul deformărilor elastice, pentru ca transductorul să nu-şi modifice caracteristicile în exploatare.

Măsurarea modulului de elasticitate dă şi posibilitatea aprecierii rezistenţei mecanice a materialului.

Cum în ultimii ani, în toate domeniile încercărilor de materiale capătă prioritate încercările executate fără distrugere, se caută să se folosească, în locul metodei statice de determinare a modulului de elasticitate, metoda dinamică, nedistructivă.

* Fiz. *V. Melconian* este cercetător ştiinţific principal la I.C.P.E. şi lector la Academia militară generală, iar ing. B. Marcus este şef de laborator la I.C.P.E.

1. Particularitatea modulului de elasticitate la materialele ceramice

La oţel există un domeniu, numit domeniul lui Hook, în care tensiunea mecanică este direct proporţională cu schimbarea formei. In cazul solicitării normale şi uniforme pe suprafaţa piesei de volum V, între efortul unitar σ şi variaţia specifică de volum $\Delta V/V$ se poate scrie relaţia :

$$\sigma = Q \frac{\Delta V}{V}, \qquad (1)$$

unde factorul de proporţionalitate Q este o constantă a materialului, numită modul de elasticitate.

La materialele ceramice nu există, practic, un domeniu de proporţionalitate între deformare şi tensiune. De aceea, dacă se obţine un modul de elasticitate, de exemplu la compresiune, determinat static prin măsurarea deformării unei epruvete, potrivit aleasă după încărcare, trebuie să se dea şi pragul de încărcare, modulul de elasticitate scăzînd cu creşterea încărcării. Din această cauză măsurarea statică a modulului de elasticitate nu dă, la materialele ceramice, o constantă de material reală, ca în cazul oţelului.

Folosirea încercărilor nedistructive mai prezintă mari avantaje şi pentru încercările perio-

dice sau cînd se urmăreşte modificarea caracteristicilor mecanice sub acţiunea unor factori fizici.

În funcţie de felul solicitării se defineşte modulul de elasticitate al lui Young E ca fiind constanta de proporţionalitate dintre efortul unitar σ aplicat la capetele probei unidimensionale (sau cu o dimensiune predominantă), cilindrică sau paralelipipedică şi alungirea specifică $\Delta l/l$.

Astfel:

$$E = \frac{\sigma}{\Delta l/l}; \qquad (2)$$

iar modulul de elasticitate al lui Coulomb G, la forfecare, răsucire sau torsiune (care leagă schimbarea de unghi ψ, obţinută la acţiunea unor tensiuni mecanice τ paralele cu secţiunea probei, ce caută să împingă suprafaţa în propriul ei plan, de mărimea acestor tensiuni) este:

$$G = \frac{\tau}{\psi}. \qquad (3)$$

Fiecare deformare longitudinală a unui corp izotrop este însoţită de o deformare transversală. Unei întinderi longitudinale relative $\Delta l/l$ îi corespunde o contracţie transversală relativă $\Delta d/d$, astfel că:

$$\frac{\Delta d/d}{\Delta l/l} = \mu, \qquad (4)$$

unde μ se numeşte constanta lui Poisson şi poate lua valori numai între 0 şi 0,5 [1].

Deoarece un corp izotrop are numai două constante de elasticitate independente, există următoarea relaţie între E, G şi μ:

$$E/G = 2\,(1 + \mu). \qquad (5)$$

Ţinînd seamă că direcţiile de anizotropie ale particulelor izolat anizotrope, care alcătuiesc masa ceramică, sînt complet dezordonate şi că particulele sînt mici faţă de dimensiunile probei, putem să considerăm proba izotropă, dat fiind repartiţia statistică a particulelor izolate. Prin aceasta se explică atribuirea unui modul E, respectiv G, maselor ceramice.

Modulele E şi G au dimensiunile unei tensiuni mecanice şi se exprimă de obicei în unităţi necoerente în kgf/cm² sau tf/cm².

2. Metoda dinamică de determinare nedistructivă a modulului de elasticitate

2.1. Principiul metodei. Metoda dinamică de determinare a modulelor de elasticitate E şi G se bazează fie pe stabilirea vitezei sonice [2] în epruvetă, fie pe stabilirea frecvenţei de rezonanţă. Aceste metode folosesc, pentru determinarea modulelor E şi G, relaţiile dintre acestea şi viteza de propagare a sunetului, respectiv frecvenţa de rezonanţă. Ele sînt denumite şi „metode sonice" şi dau nu numai constante de material reale, indiferent de încărcare, ci şi posibilitatea efectuării încercărilor nedistructive, indispensabile încercărilor periodice şi studierii influenţei celor mai diverşi factori asupra modulului de elasticitate.

În determinările noastre am folosit metoda rezonanţei [3]. Între modulul de elasticitate şi frecvenţa proprie a unei grinzi care oscilează complet liber există relaţia:

$$f = \frac{C^2}{2\pi}\sqrt{\frac{E \cdot I}{m \cdot L^4}}, \qquad (6)$$

unde:

f este frecvenţa de rezonanţă;
E — modulul de elasticitate al lui Young;
I — momentul de inerţie;
m — masa unităţii de lungime;
L — lungimea grinzii;
C — factor constant pentru o armonică dată, a cărui valoare se obţine din tabela 1.

Tabela 1

	frecvenţa fundamentală	prima armonică	a doua armonică	a treia armonică
C	4,73	7,85	11,00	14,14

Epruveta de formă regulată (prismatică) se aduce în stare de vibraţie prin unde sonice şi i se măsoară frecvenţa de rezonanţă [4], [5].

2.2. Aparatura şi modul de lucru. Schema de principiu a aparatului folosit, bazat pe metoda frecvenţei de rezonanţă, este dată în figura 1.

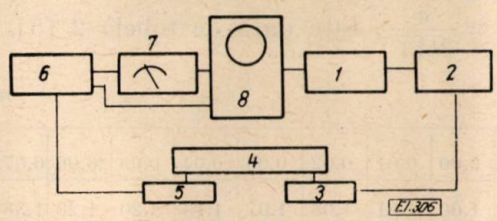


Fig. 1. Schema de principiu folosită pentru determinarea modulelor E şi G:

1 — generator de oscilaţii sinusoidale RC; *2* — amplificator de putere; *3* — cap traductor emiţător de sunete; *4* — epruvetă prismatică; *5* — cap traductor receptor de sunete; *6* — amplificator; *7* — instrument cu ac indicator pentru stabilirea rezonanţei; *8* — tub oscilograf care, cu ajutorul figurilor Lissajous, indică coincidenţa frecvenţelor sau raportul lor.

Excitarea epruvetei, cum şi recepţionarea sunetelor se fac cu ajutorul a două capete transductoare (magnetostrictive în cazul nostru). Acestea servesc totodată şi ca reazeme ale epruvetei, aşezate în punctele în care s-ar forma noduri în cazul oscilaţiilor libere ale probei. Pentru vibraţia fundamentală, poziţia nodurilor, dată în fracţiuni ale lungimii epruvetei m, este la 0,224 şi 0,776, iar pentru prima armonică, la 0,868, 0,500 şi 0,132. Avantajul

folosirii acestui mod de susținere constă în faptul că în acest caz sînt împiedicate să apară armonice străine de cea dorită.

Pentru determinarea frecvenței de rezonanță se variază frecvența generatorului de oscilații sinusoidale pînă cînd acul voltmetrului arată deviația maximă. În același timp se observă oscilațiile la osciloscopul pe ale cărui plăci verticale este aplicat semnalul emis, iar pe cele orizontale, semnalul recepționat. În cazul rezonanței pentru frecvența fundamentală, pe ecranul tubului catodic apare o elipsă. Se notează frecvența generatorului din acel moment, care este tocmai frecvența de rezonanță fundamentală. La variații mici de frecvență în jurul frecvenței de rezonanță se constată deviații puternice ale acului voltmetrului și, în același timp, o modificare sensibilă a figurii de pe ecranul tubului catodic.

2.3. Formule de calcul. Modulul de elasticitate al lui Young se calculează folosind frecvența de rezonanță determinată experimental cu ajutorul relației :

$$E = (2\pi f)^2 \cdot \frac{m L^4}{C^4 I}. \qquad (7)$$

Momentul de inerție I pentru epruvete prismatice cu latura a și cu înălțimea h este $\frac{a \cdot h^3}{12}$. În cazul unei secțiuni pătratice $a = h$ și $I = \frac{a^4}{12}$.

Deoarece formula (6) presupune că dimensiunile transversale sînt neglijabile față de cele longitudinale, relația (7) trebuie corectată cu un factor T, numit constanta lui Goens, a cărei valoare, în funcție de mărirea $f(T) = \frac{a}{2L\sqrt{3}}$, este dată de tabela 2 [5].

Tabela 2

$f(T)$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
T	1,00	1,01	1,03	1,07	1,13	1,20	1,28	1,38	1,48
$f(T)$	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,25	0,30
T	1,60	1,75	2,03	2,36	2,73	3,14	3,58	4,78	6,07

Deoarece tabela este întocmită pentru materiale cu constanta lui Poisson $\mu = 1/6$, pentru materialele la care constanta Poisson diferă de 1/6 și cînd se urmăresc determinări de mare precizie (de exemplu cînd se studiază variația lui E și G în funcție de agenții fizici), se adaugă relației, pe lîngă T, și un alt factor corectiv [6] :

$$k = \frac{1 + (0{,}26\,\mu + 3{,}22\,\mu^2) f(T)}{1 + 0{,}1328 f(T)}. \qquad (8)$$

Făcînd înlocuirile și completările menționate, relația (7) devine :

$$E = (2\pi f)^2 \frac{12\, M L^3 T K}{C^4 \cdot a \cdot h^3},$$

unde :

$M = mL$ este masa totală a epruvetei cu lungimea L.

Pentru frecvența fundamentală ($C = 4{,}73$) și E în kgf/cm² :

$$E = 9{,}65 \cdot 10^{-4} \frac{M \cdot L^3}{a \cdot h_3} K \cdot T \cdot f^2. \qquad (9)$$

Pentru corpurile prismatice cu secțiunea pătratică ($a = h$), cu dimensiunile $4 \times 4 \times 16$ cm³, folosite de noi, cu masa M în kg, neglijînd corecția K și luînd din tabela 2 pe $T = 1{,}4$ în funcție de $f(T) = 0{,}072$, calculat pentru epruvete cu dimensiunile amintite, se obține :

$$E = 2{,}18 \cdot 10^{-2} \cdot M \cdot f^2. \qquad (10)$$

De asemenea, între modulul de torsiune și frecvența proprie a grinzii, care oscilează complet liber, există relația :

$$f = \sqrt{\frac{G \cdot S}{4\, m\, L^2}}, \qquad (11)$$

unde :

f este frecvența de rezonanță ;
G — modulul de torsiune ;
m — masa unității de lungime, M/L ;
L — lungimea ;
S — secțiunea ;
M — masa totală.

Determinînd frecvența de rezonanță pentru oscilații de torsiune, se calculează modulul de torsiune din relația :

$$G = f^4 \cdot \frac{4\, m\, L^2}{S}. \qquad (12)$$

Cînd epruveta nu este cilindrică, ci prismatică, cu lățimea a și cu înălțimea h, intervine un factor de corecție :

$$P = \frac{a/h + h/a}{4\, a/h - 2{,}52\, a^2/h^2}. \qquad (13)$$

Aceasta este unitară pentru epruvete cilindrice și are valoarea 1,183 pentru cele prismatice, cu secțiune pătratică ($a = h$).

Făcînd înlocuirile menţionate şi completările ce se impun :

$$G = f^2 \cdot \frac{4\, m\, L^2}{S} P. \qquad (14)$$

Pentru epruvetele prismatice amintite anterior se obţine G în kgf/cm², cu ajutorul relaţiei :

$$G = 0{,}482 \cdot 10^{-2}\, Mf^2, \qquad (15)$$

relaţie care este analogă relaţiei (10) pe care am utilizat-o pentru determinarea modulului de elasticitate al lui Young.

2.4. Precizia măsurărilor. Din relaţia (7), în cazul barelor cu secţiune pătratică, cînd $a = h$,

$$I = \frac{a^4}{12}$$

şi, ţinînd seamă de relaţia de definiţie a masei unităţii de lungime a barei $m = M/L$, se obţine :

$$E = \frac{4\,\pi^2\, M\, L^3}{C^4} \cdot \frac{12}{a^4} f^2.$$

Pentru a aprecia contribuţia erorilor de măsură a mărimilor particulare ce intră în calculul rezultatului final, se calculează expresia $\Delta E/E\ 100\%$:

$$\frac{\Delta E}{E} 100\% = 2\frac{\Delta f}{f} + \frac{\Delta M}{M} + 3\frac{\Delta L}{L} + 4\frac{\Delta a}{a} E \cdot$$

În condiţiile noastre de lucru $\Delta f/f \simeq 2\%$. Cîntărirea se face cu o eroare relativă de aproximativ 1%. Dacă se măsoară lungimea totală a epruvetei (160 mm lungime) cu şublerul, atunci $\Delta L/L < 0 \cdot 1\%$, iar dacă se măsoară latura a de 40 mm cu şublerul, atunci $\Delta a/a \approx 0{,}25\%$.

Ţinînd seamă de ponderea erorilor şi făcînd suma lor aritmetică, se obţine : $\Delta E/E \approx 6\%$.

3. Datele măsurărilor

S-au făcut determinări asupra modulului de elasticitate E pentru porţelan electrotehnic de înaltă tensiune şi pentru termoceramit, material ceramic rezistent la arc electric, ambele produse din fabricaţia curentă a Întreprinderii „Electroceramica" din Turda.

Datele măsurărilor sînt prezentate în tabelele 3 şi 4.

Tabela 3

Porţelan electrotehnic

Nr. probei	Dimensiuni, mm			Masa, kg	Frecvenţa, kHz	Modul de elasticitate E, $\frac{tf}{cm^2}$
	L	a	h			
1	160	40	40	0,588	7,38	698
2	160	40	40	0,584	7,46	703
3	160	40	40	0,578	7,42	695

Tabela 4

Termoceramit — material rezistent la arc electric

Nr. probei	Dimensiuni, mm			Masa, kg	Frecvenţa, kHz	Modul de elasticitate E, $\frac{tf}{cm^2}$
	L	a	h			
1	163	41,5	41,5	0,582	7,04	628
2	163	41,5	41,5	0,579	7,10	636
3	163	41,5	41,5	0,580	7,08	698

4. Concluzii

Din cele arătate rezultă că a fost pusă la punct metoda de determinare nedistructivă a modulului de elasticitate pentru mase ceramice sau alte materiale similare.

Metoda stabilită permite determinarea precisă a constantelor E şi G, nedistructiv.

De asemenea, metoda reprezintă un procedeu valoros în cercetarea complexă a constantelor fizice ale materialelor sinterizate, a căror valoare poate fi determinată prin modificările structurale reflectate în variaţia modulului de elasticitate în funcţie de factorii externi.

Bibliografie

[1] *Ţiţeica, R.* Fizică, vol. I. Bucureşti, Editura tehnică, 1957, 178 pag.

[2] *Kohlrausch, F.* Praktische Physik I. Leipzig, Teubner, 1955, p. 138—151.

[3] *Martincek, G.* Die Anwendung der dynamischen Resonanz-Methode auf kurze Prismen und Würfel. In : Bauwesen Zeitschrift, Slowakische Akademie der Wissenschaften **9**, nr. 3, 1961, p. 160—181.

[4] British Standard 1881, 1952, p. 42—44.

[5] ASTM C 215/60 T.

[6] *Pickett, G.* Equation for compecting elastic constants from flexural and torsional resonant frequencies of vibration of prismes and cylindres. In: Proc. Amer. Soc. Test Materials **45**, 1954, p. 846.

Intrat în redacţie la 10.XII.1964

RECENZII

CZ 621.319.4

P. A. Torosin. **Condensatoare cu hîrtie metalizată** (Metallobumajnîe Kondensatorî). Moscova, Ed. Energhia, 1965, 213 pag., 98 fig., 36 tab., 108 ref. bibl.

În multe domenii ale tehnicii se folosesc condensatoarele cu hîrtie metalizată MP, care au o serie de avantaje, şi anume : volum şi greutate specifică mică, caracteristici dielectrice ridicate şi, în fine, posibilitatea autoregenerării acestui tip de condensatoare.

Iniţial, aceste condensatoare erau folosite numai în tehnica curenţilor slabi, respectiv pentru circuitele de curent continuu.

În ultima vreme, condensatoarele MP se folosesc în domeniul curenţilor tari şi, în special, pentru compensarea factorului de putere (la instalaţiile industriale şi la iluminatul fluorescent).

Lucrarea lui Torosin cuprinde atît aspectele teoretice ale acestui tip de condensatoare, cît şi problemele constructive şi tehnologice legate de fabricaţia de masă.

Cartea este împărţită în şapte capitole şi, începînd cu bazele teoretice ale construcţiei şi tehnologiei condensatoarelor MP, se insistă asupra mecanismului de autoregenerare a izolaţiei condensatoarelor în urma străpungerii lui ca urmare a scurtcircuitării prin porţiunile conductoare. În acest proces de autoregenerare au mare importanţă caracteristicile fizicochimice ale stratului metalizat.

Cel de-al doilea capitol se ocupă de materialele folosite în fabricaţia condensatoarelor MP (în afară de stratul metalizat propriu-zis), şi anume : hîrtia de condensator, lacurile pentru stratul de protecţie şi materialele de impregnare.

Construcţia condensatoarelor MP este studiată în cel de-al treilea capitol. Bobinajele acestui tip de condensatoare au elemente net distincte faţă de cele folosite în construcţia condensatoarelor cu folii de aluminiu. În primul rînd, secţiile condensatoarelor MP sînt numai de tip neinductiv (din considerente constructive, pentru a se putea lipi lamele de contact de armături). În al doilea rînd, se pune problema asigurării transmisiei, căldurii, în special, prin dispozitive constructive, ţinînd seamă că prin micşorarea grosimii stratului metalic, transmisia prin acest strat este mai anevoioasă.

Izolatoarele acestor condensatoare sînt, oarecum, asemănătoare cu ale celor cu folie metalică, însă la acestea, se pune, mai mult, problema etanşării perfecte la fixarea izolatoarelor de cuvă. În acest capitol se prezintă o serie de dispozitive constructive moderne.

De o pondere mai mare în această carte este capitolul al patrulea, privitor la tehnologia fabricaţiei condensatoarelor MP. Întreaga tehnologie este prezentată în mod detaliat, insistîndu-se asupra procedeelor de metalizare.

Construcţiile moderne de condensatoare MP sînt prezentate în capitolul cinci. În afară de tipurile de condensatoare pentru tehnica curenţilor slabi sînt studiate în acest capitol şi condensatoarele folosite în circuitele de curent alternativ, respectiv condensatoarele de forţă. La acestea din urmă se pune, în mod special, problema intensificării transmisiei căldurii. În acest sens, pe lîngă prezentarea teoretică a problemei, se arată o serie de dispozitive constructive pentru condensatoare cu puteri unitare pînă la 50 kVAr.

Ca şi în celelalte tipuri de condensatoare, condensatoarele MP trebuie studiate din punctul de vedere al îmbătrînirii lor.

De acest studiu se ocupă cel de-al şaselea capitol în care se studiază atît condensatoarele cu un strat, cît şi cele cu mai multe straturi. Un studiu important este dedicat variaţiei duratei de viaţă a condensatoarelor MP în funcţie de temperatură şi intensitatea cîmpului electric de lucru.

Ultimul capitol se ocupă de perspectivele dezvoltării condensatoarelor cu armături din straturi foarte subţiri, depuse pe dielectric, şi anume de condensatoarele cu dielectricul din folii sintetice şi cu straturi metalizate. Aceste condensatoare au indici tehnico-economici foarte ridicaţi şi, prin aceasta, se explică marea extindere a fabricaţiei lor.

Lucrarea recenzată are un caracter monografic, bazîndu-se pe literatura recentă de specialitate. Este clar scrisă şi are un bogat material ilustrativ (diagrame şi fotografii de instalaţii tehnologice). Cartea este utilă inginerilor din industria de condensatoare şi celor care se ocupă de exploatarea acestora.

A. Bercu

*** **Pilele de combustie şi producţia industrială de energie** (Les piles à combustible et la production industrielle de l'énergie). Rev. Gén. Électr., tom. **74**, nr. 1, ian 1965, p. 55—91.

Prezentarea celor patru articole, care au o temă comună referitoare la pilele de combustie şi folosirea lor practică pentru producerea energiei, face posibilă soluţionarea adecvată a diverselor aspecte şi scoate în evidenţă progresul realizat în acest domeniu. Rezumatul celor patru articole se prezintă astfel :

1. *Z. Millet* : „Pilele de combustie în producţia industrială de energie electrică" (Les piles à combustibles dans la production industrielle d'énergie électrique), p. 55—62, 10 fig., 19 ref. bibl.

După un scurt istoric, autorul expune principalele probleme legate de construcţia pilelor de combustie şi de aplicaţiile lor industriale. Astfel, se fac consideraţii grafoanalitice asupra proprietăţilor pilelor de combustie, insistîndu-se, în special, asupra posibilităţilor de folosire ca generatoare industriale. Se indică tipurile de pile utilizate frecvent şi se dau curbele de variaţie a densităţii de curent în funcţie de tensiune. Pilele semiindustriale au o putere pînă la 5 kW, iar cele ce urmează să intre în domeniul practic vor avea, într-un viitor apropiat, o putere de 100 kW.

2. *J. Larouche* : „Realizările oficiului industrial Azot în domeniul pilelor de combustie" (Les réalisations de l'office national industriel de l'Azote dans le domaine des piles à combustibles), p. 63—68.

Se expun cercetările întreprinse de oficiul industrial Azot în domeniul pilelor de combustie ; se descrie procedeul de fabricare a electrozilor de nichel şi se prezintă încercările efectuate pentru studierea pilelor sub presiune şi a pilelor care lucrează cu temperaturi ridicate. Realizarea pilelor ce lucrează la temperatură medie cu electrolitul sub presiune formează, după părerea autorului, calea cea mai directă pentru experimentarea şi realizarea pilelor de mare putere. Ceea ce reţine atenţia autorului este atît prezentarea grafică a influenţei diferiţilor factori asupra densităţii curentului, cît şi prezentarea diverselor tipuri de electrozi montanţi în diferite poziţii, specificîndu-se avantajele fiecărei soluţii. Pilele de temperatură medie lucrează între 200 şi 450° C şi pot da, pe fiecare unitate, o putere de peste 1 kW.

3. *M. Prigent* : „Pilele cu metanol şi aplicaţiile lor industriale" (Les piles à méthanol et leurs applications industrielles), p. 69—80, 13 fig., 35 ref. bibl.

Se expun problemele legate de realizarea practică a pilelor care utilizează metanolul şi, în special, a celor privind aşezarea electrozilor în interiorul combustibilului. După enumerarea avantajelor privitoare la folosirea metanolului şi a mecanismului de oxidare, se studiază influenţa supratensiunii şi a diferitelor forme se variaţie a caracteristicilor volt-amperice în diverse medii şi condiţii. Se examinează apoi produsele de reacţie şi cinetica lor şi se expun cercetările privitoare la utilizarea celor mai eficienţi catalizatori. În încheiere se expune perspectiva aplicaţiilor industriale a pilelor cu metanol comportînd electrozi bazici.

4. *C. Bras* şi *D. Waroux* : „Studiul problemelor privind funcţionarea electrozilor pilelor cu gaz" (Étude de problèmes relatifs au fonctionnement d'électrodes de piles à gaz), p. 81—90, 10 fig. , 39 ref. bibl.

Interesul pe care-l prezintă studiul problemelor legate de polarizarea electrozilor pilelor de combustie este, practic, recunoscut şi face pe autori să prezinte în articol numai esen-

ţialul. Se expun succesiv diverse tipuri de polarizări ale electrozilor, se scoate în evidenţă diferenţa dintre ele, precizîndu-se avantajele practice ale celor mai frecvent utilizate.

În cadrul metodelor generale de măsură a polarizării se descriu două generatoare de impuls care servesc în acest scop în cadrul laboratorului electronic al grupului de specialişti care studiază pilele cu gaz.

Se descriu performanţele instalaţiei de impuls, care au fost folosite în diverse aspecte practice legate de experimentarea pilelor cu gaz.

Materialul prezentat este precedat de o scurtă introducere în care se arată stadiul actual al fabricării şi folosirii tipurilor de pile de combustie şi se prezintă aspectele de utilizare în viitor a tipurilor mai noi.

În încheiere se prezintă rezumatul discuţiilor purtate asupra stadiului actual privind cercetarea, construirea şi exploatarea pilelor de combustie, punîndu-se accentul în special pe posibilităţile de creştere a puterii unitare.

Criticîndu-se neajunsurile pilelor folosite în prezent pe scară semiindustrială, se indică mijloacele de a perfecţiona aceste instalaţii, arătîndu-se perspectiva de dezvoltare în generatoarele electrice.

A. Carabulea

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 537 + 538 : 621.3

Mierdel, G. **Importanţa electrofizicii pentru electrotehnicieni.** În : Elektrie **19**, nr. 4, 1965, p. 175.

O nouă rubrică de electrofizică în revista Elektrie, cerută insistent de cititori, se deschide printr-un scurt articol de sinteză al redactorului responsabil, un cunoscut autor, profesor şi director al Institutului de electrotehnică generală al Universităţii tehnice din Dresda (R.D.G.). După ce au trecut 100 de ani de la punerea bazelor ştiinţifice ale teoriei electromagnetismului de către I. C. Maxwell, se pune problema analizei mai profunde a celor trei parametri de material care intră în ecuaţiile fundamentale : conductivitatea, permitivitatea şi permeabilitatea. În prezent ne aflăm în faţa unei evoluţi rapide a acestor analize cu scopul de a lămuri cauzele intime ale comportării materiei în cîmpul electromagnetic. Electrofizica a început să contribuie nu numai la îmbunătăţirea produselor electrotehnice, ci şi la introducerea în aplicaţie a unor noi principii fizice. Astfel s-au constatat marile avantaje ale colaborării dintre fizicienii şi electricienii din laboratoare şi uzine, respectiv formarea de fizicieni ingineri sau electrofizicienilor în colective mixte împreună cu ingineri cercetători, constructori şi tehnologi.

Domeniile în care primii au contribuţii preţioase sînt : fizica plasmei cu aplicaţii în redresoare cu arc, în sudură, cuptoare cu arc, descărcări în gaze cu aplicaţii la tuburi luminescente, aparate Roentgen, electronică în vid cu aplicaţii la tuburi electronice, întreruptoare în vid ; surse de oscilaţii şi radiaţii speciale, generatoare de înaltă frecvenţă, laser, maser, fizica corpului solid cu aplicaţii în semiconductoare, dispozitive tip ventil, simple, comandate, materiale magnetice speciale, cum sînt feritele cu caracteristică dreptunghiulară etc.

Noua orientare trebuie să se reflecte bineînţeles şi în orientarea planurilor de învăţămînt mediu şi superior, iar pentru cadre mai vechi, printr-un învăţămînt postuniversitar bine orientat. Cunoaşterea principiilor fundamentale ale structurii materiei este indispensabilă azi pentru electrotehnicieni, de aceea scrierea de articole va începe cu expuneri privind cunoştinţele actuale în nucleonică, atomistică şi teoria moleculară, de la care se va trece la discutarea celor patru stări de agregate : gaz, plasmă, lichid, solid, pentru a intra apoi în electrofizica propriu-zisă, care are ca obiect, cum s-a mai arătat, explicaţia parametrilor de material din ecuaţiile maxwelliene.

A. A.

CZ 621.3.015.532(42)

Mole, G. **Studiul încercării la descărcări parţiale în Marea Birtanie** (Étude d'essais de décharges en Grande-Bretagne). In : Bull. Soc. Franç. Électrs., tom. **V**, nr. 57, sept 1964, p. 577.

Autorul descrie pe scurt diferite aparate folosite pentru măsurarea descărcărilor parţiale : puntea Shering ; detectorul Loop-Trace ; puntea Arman şi Starr ; detectoarele E.R.A. cu bandă îngustă şi bandă largă ; detectorul N.E.M.A. cu bandă îngustă. Se dau cîteva date asupra măsurării descărcărilor parţiale în cursul fabricaţiei la : treceri izolate ; cabluri ; condensatoare ; maşini rotative ; transformatoare. Se menţionează că încercarea de tip a descărcărilor parţiale este obligatorie numai pentru condensatoarele folosite în iluminatul fluorescent. Se recomandă folosirea aparatului E.R.A. de bandă largă, deoarece poate fi adaptat la măsurarea descărcărilor parţiale în condensatoare de valoare pînă la 250 μF.

La maşinile rotative se admite existenţa descărcărilor parţiale la tensiunea nominală, deoarece izolaţia de mică rezistă bine la acţiunea distructivă a acestora. Deoarece, în acest caz, semnalul produs de descărcările parţiale este compus din impulsuri uniforme, se recomandă folosirea unui măsurător de bandă îngustă.

Măsurarea descărcărilor parţiale la transformatoare se face numai cu titlu de experienţă. Deoarece solicitările electrice normale în transformatoare sînt reduse, nivelul descărcărilor parţiale nu este considerat periculos. În viitor situaţia se va schimba dacă nivelul de ţinere la impuls va permite fabricarea de transformatoare cu solicitări normale mult mai ridicate. În prezent interesează măsurarea locală a descărcărilor parţiale la transformatoare. Se încearcă măsurarea locală cu ajutorul unui receptor acordat în gama de frecvenţe 30—100 MHz.

M. A.

CZ 621.3.015.532. : 621.315.614(48)

Kelen, A. **Cercetări în ţările nordice asupra acţiunii descărcărilor parţiale în materialele şi structurile izolante** (Investigations dans les pays nordiques des actions des décharges électriques sur les materiaux et structures isolantes). In : Bull. Soc. Franç. Électrs., tom. **V**, nr. 57, sept 1964, p. 563.

Sînt discutate principalele trei tipuri de probleme pe care le pune existenţa descărcărilor parţiale în izolaţia aparatajului de înaltă tensiune :

1 — degradarea aparatului ;

2 — perturbaţii produse de aparatul de înaltă tensiune ;

3 — pierderi de energie.

Referitor la studierea materialelor din punctul de vedere al descărcărilor parţiale se relevă trei aspecte :

a) degradarea prin descărcări parţiale : constatare, cercetări, explicare fenomenologică, explicare fundamentală ;

b) prevenirea descărcărilor parţiale : măsuri constructive, alegerea materialului, modificarea parametrilor electrici, măsuri speciale (straturi protectoare) ;

c) rezistenţa la descărcări parţiale : alegerea materialului, măsuri constructive, tehnologie, elaborare de noi materiale.

În continuare se enumeră următoarele studii : relaţia dintre intensitatea descărcărilor parţiale şi acţiunea lor distructivă (Yohansen) ; îmbătrînirea izolaţiei impregnate cu ulei a transformatoarelor (A.S.E.A.) ; efectul stratului de protecţie pe bază de SiC ; subţierea stratului superficial al izolantului în care are loc acţiunea primară a descărcărilor parţiale

(ionizare şi formare de radicali liberi la suprafaţa dielectricului). Se ajunge la concluzia că studierea rezistenţei la descărcări parţiale a izolaţiei de înaltă tensiune va fi o problemă de actualitate încă mult timp.

M. A.

CZ **621.311.1.027.873**

Cahil, L. **Transportul energiei de curent alternativ la foarte înaltă tensiune, 500 – 750 kV** (Transports d'énergie à courent alternatif à très haute tension de 500–750 kV). In : Bull. ASE **50**, nr. 11, 1964, p. 519–528.

Se prezintă prima transmisie de energie electrică de 735 kV la Manicouagan — Montreal şi grupul de hidrocentrale construite pe rîurile Manicouagan şi Outardes din Canada cu puteri variind între 315 şi 1 350 MW. Alegerea tensiunii de 735 kV este justificată de necesitatea unei scări de tensiune, care să nu fie depăşită de cerinţele anilor viitori. O serie de fenomene care au loc pe linii sînt pe larg dezvoltate, ca : stabilitatea reţelei, supratensiunile la frecvenţa de serviciu, supratensiunile de manevră şi atmosferice, tensiunile de conturnare la izolatoarele liniilor şi barelor. Indicaţii interesante se dau şi pentru stîlpii metalici, conductoarele şi dispoziţia lor.

În privinţa echipamentului liniei se descriu izolatoarele folosite, transformatoarele de putere şi măsură, aparatele de comutaţie. Izolatoarele folosite sînt din porţelan tip capă, cu rezistenţa mecanică mărită (7–16 t), dispuse în lanţuri tip „V". Pentru traversări importante se utilizează lanţuri de 23 t. Întreruptoarele folosite sînt cu aer comprimat, cu 12–14 ruperi pe pol, puterea de rupere variind de la 35 000 la 40 000 MVA. Comportarea aparatelor la deconectarea liniilor în gol a fost verificată şi găsită corespunzătoare.

În concluzie se arată că, deşi timpul necesar pentru punerea la punct a echipamentului electric al liniei a fost scurt (circa trei ani), rezultatele obţinute au fost bune, neexistînd dereglări în sistem.

F. T.

CZ **534.31.6.7.84**

Mattei, I. **Studiul acustic al instalaţiilor de producere şi de transformare a energiei electrice** (L'étude acoustique des installations de production et de transformation d'énergie électrique). In : Rev. Gén. Électr. **74**, nr. 3, 1965, p. 205–221, 10 fig., 4 tab., 3 ref. bibl.

După ce sînt reamintite noţiunile fundamentale din acustică, precizîndu-se semnificaţia fizică a terminologiei folosite, în articol sînt dezbătute problemele puse de instalaţiile industriale moderne.

Se presupun cunoscute caracteristicile acustice ale surselor de zgomot şi se arată măsurile care trebuie luate pentru realizarea desonorizării, după ce s-au determinat limitele admisibile ale presiunii acustice în punctele în care zgomotul poate stingheri activitatea personalului de exploatare, se determină condiţiile de instalare şi eficienţa operaţiilor de desonorizare propuse, ţinîndu-se seamă de caracteristicile maşinilor care emit zgomote, şi se indică metode de studiu atît pentru cazul unei singure surse de zgomot, cît şi pentru mai multe surse, arătîndu-se cum s-au aplicat aceste metode în cazul desonorizării unei centrale termice.

V. L.

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ **621.313.29 : 537.527.5.001.13**

Kazovski, E. I. ş.a. **Perspectivele de creare ale generatoarelor magnetohidrodinamice de putere** (Prespectivî sozdaniia moşcinîh magnitoghidrodinamiceskih ghenieratorov). In : Elektrotehnika **35**, nr. 9, sept 1964, p. 8–14, 10 fig., 1 tab., 26 ref. bibl.

După încadrarea problemei, autorul precizează că principiul de funcţionare a generatorului magnetohidrodinamic nu diferă de cel al generatorului obişnuit, bazîndu-se pe teoria cîmpului învîrtitor. Deosebirea dintre cele două generatoare constă în folosirea, în locul conductoarelor din cupru sau aluminiu, a gazelor de conductivitate electrică foarte mare. Proiectarea unui generator magnetohidrodinamic cuprinde : determinarea mărimilor electrice, cum ar fi puterea instalată, curentul electric, momentul de rotaţie, randamentul etc. şi studierea comportării gazului folosit. Studiul se face mai ales din punctul de vedere al stabilirii variaţiei conductivităţii în funcţie de temperatură şi de presiune. Limitele presiunii şi ale temperaturii intervenite în probele experimentale au fost 1÷5 at şi 2 000÷3 000 °K. În gazele inerte este oportun să se introducă mici cantităţi de vapori metalici, ca de exemplu (Ne + 1 % Cs ; Ar + 1 % K etc.). Se prezintă mai amănunţit combinaţiile de gaze utilizate la construcţiile experimentate pe scară mondială. După ce se descriu părţile componente ale unui generator magnetohidrodinamic se precizează principiul de realizare a generatoarelor de acest tip pentru curent continuu şi curent alternativ. Se dă schema termomecanică a unei centrale electrice care cuprinde o turbină de înaltă presiune şi un generator magnetohidrodinamic. Se prezintă posibilităţile de mărire a acestor generatoare, pe baza metodelor de ionizare la rece şi a folosirii supraconductoarelor.

Se arată dezvoltarea în perspectivă a instalaţiilor magnetohidrodinamice ca tipuri constructive, cu puteri instalate şi se precizează modurile de folosire practică a acestor tipuri noi de generatoare fie în combinaţie cu grupurile clasice, fie prin construirea unor centrale moderne cu turbine cu gaze echipate cu instalaţii magnetohidrodinamice.

A. C.

CZ **621.313.3 : 621.317.333.6**

Lisakovskii, G. I. **Experienţa încercărilor profilactice a izolaţiilor instalaţiilor maşinilor electrrice** (Opit profilaktiki izolaţii statorov elektriceschih maşin). In : Elektriceskie stanţii, nr. **8**, 1964, p. 81–82, 2 fig.

Se prezintă rezultatele experimentărilor efectuate asupra izolaţiei turbogeneratoarelor şi compensatoarelor sincrone intrate în exploatare în U.R.S.S. în sistemul energetic al Bazinului Donului, în perioada 1948–1962. Circa 2/3 din numărul acestor maşini mari au fost încercate cu 1,5 U nominal, iar restul de 1/3 a fost încercat cu o tensiune sporită de, respectiv, 1,7 U nominal.

Se consideră că încercările profilactice contribuie în mod substanţial la creşterea siguranţei în exploatare a maşinilor electrice de puteri mari.

În articol se analizează şi principalii factori : de construcţie, tehnologic, şi condiţiile de exploatare care pot influenţa asupra duratei de viaţă a maşinilor electrice rotative mari.

Lucrarea s-a bazat pe un bogat material statistic, obţinut din încercările sistematice făcute pe maşinile electrice mari ale sistemului energetic din Bazinul Donului.

A. B.

CZ **621.313.333**

Puzikin C. C. **Despre mijloacele de turnare a rotoarelor** (O sposoleah Zalivki rotorov). In : Elektrotehnika **36**, nr. 1, 1965, p. 31–32.

Se compară principalele metode de turnare a rotoarelor : 1 – sub presiune ; 2 – prin centrifugare şi 3 – metode statice.

Ultimele metode, adică prin centrifugare sau cele statice, se consideră dezavantajoase nu numai datorită productivităţii lor scăzute, ci şi faptului că aceste metode nu permit mecanizarea şi automatizarea proceselor, nici controlul procesului tehnologic cu parametri principali, şi anume : temperatura metalului în forme, viteza de umplere şi calitatea metalului. Toate aceste elemente duc la o calitate necorespunzătoare a rotoarelor turnate după metodele prin centrifugare sau statice.

Spre deosebire de aceste metode, turnarea sub presiune asigură un proces tehnologic de mare productivitate, mecanizat şi cu posibilităţi uşoare de automatizare.

În continuare se analizează celelalte aspecte tehnice pentru compararea metodelor de turnare a rotoarelor, ajungîndu-se la concluzia eficienței sistemului de turnare sub presiune.

A.B.

CZ 621.314.2 *Transformatoare*

CZ **621.314.2.002.7**

* * * **Construcția transformatorului ușurează problemele de transport** (Transformer construction cases transport problems). In : Electric. Rev., 12 febr 1965, p. 238.

O firmă engleză construiește patru transformatoare, avînd fiecare o putere de 600 MVA. Pentru ușurarea condițiilor de transport, un ansamblu trifazat este format din unități monofazate. Reducerea înălțimii se obține adoptînd pentru miez o construcție specială. Miezul monofazat e realizat din patru rame distincte, dispuse la 90°, în formă de cruce. Construcția specială a miezului a permis eliminarea canalelor de răcire atît la juguri, cît și la coloane. Divizarea miezului și alegerea unei forme adecvate pentru secțiunea jugului au dus la o însemnată reducere a înălțimii, comparativ cu miezul convențional. Înfășurările sînt dispuse concentric. Soluția aleasă pentru miez a dus la o înfășurare relativ mai grea, dar pe ansamblu avantajele sînt apreciabile. Pentru fiecare fază s-a prevăzut cuvă proprie. Fiecare unitate monofazată e prevăzută cu dispozitiv de reglaj al tensiunii montat din fabrică, ceea ce ușurează montarea și punerea în funcțiune pe locul de utilizare a transformatorului.

T.C.

CZ **621.314.2.014.32**

Yakov, S. **Comportarea dinamică a înfășurărilor transformatoarelor în timpul unui scurtcircuit.** (Comportamento dinamico degli avolgimenti dei transformatori durante un cortocircuito). In : Elettrotecnica, vol **II**, nr. 7, iulie 1964, p. 473—477.

Problema stabilității transformatoarelor la eforturile electrodinamice de scurtcircuit devine mereu mai importantă datorită creșterii puterii rețelelor și a dimensiunilor transformatoarelor. Practica curentă a calculului și a dimensionării transformatoarelor la scurtcircuit consideră înfășurările supuse la forțe corespunzătoare valorii maxime a curentului tranzitoriu, materialele fiind solicitate static. Experiențele arată că acest mod de a trata problema este nesatisfăcător, deoarece forțele electrodinamice sînt variabile în timp, iar înfășurările formează un ansamblu deformabil de conductoare și materiale izolante, avînd o anumită elasticitate. Oscilografierea forțelor electrodinamice duce la observația că acestea prezintă două componente variabile : una avînd frecvența curentului de scurtcircuit, a doua fiind de frecvență dublă. Aceste forțe foarte variabile, aplicate la înfășurări, produc vibrații. Înfășurările avînd o frecvență de oscilație proprie, dacă frecvența forței perturbatoare este egală cu frecvența proprie a sistemului, se produce rezonanța, forța rezultantă putînd fi mult superioară forței aplicate. Se dau relații pentru calculul frecvențelor proprii ale înfășurărilor. O problemă deosebit de dificilă este determinarea modulului lor de elasticitate, înfășurările fiind combinații de conductoare și materiale izolante. Pentru verificarea diverselor ipoteze s-au făcut încercări asupra unor transformatoare avînd puteri de 0,830, 6,8 și 33 MVA, monofazate și trifazate.

Studiile și experiențele au dus la următoarele concluzii :
a) Stabilitatea transformatorului la scurtcircuit trebuie considerată din punct de vedere dinamic.

b) Frecvența proprie a înfășurării este o caracteristică foarte importantă și este necesar să fie, apreciabil, diferită la frecvențele de 50 și 100 Hz, pentru a evita rezonanța. Frecvența proprie a înfășurării depinde, în mare măsură, de procesul de uscare și presare, cum și de strîngerea pe coloană.

C.T.

CZ **621.314.2.015.32 : 621.3.015.51**

Norris, T. E. **Rezistența transformatoarelor la supratensiuni de comutare** (Transformerswitching surge strength). In : Electric. Rev., 12 febr 1965, p. 239—240.

Pînă nu de mult aprecierea nivelului de izolație în sistemele de transport de energie s-a făcut pe baza solicitărilor la tensiuni de frecvență industrială și de impuls. Creșterea tensiunilor de lucru la 300, 500 și în prezent 750 kV, combinată cu utilizarea întreruptoarelor cu aer comprimat, a ridicat problema stabilității izolației la supratensiuni de comutație. Teoretic, supratensiunile de comutație pot atinge de 4,5—6 ori tensiunea nominală. În practică nu s-au măsurat valori mai mari de 2,5—3,5 ori tensiunea nominală, valoarea ultimă fiind foarte rară. Pentru sistemele cu tensiuni de 500—750 kV supratensiunile de comutație pot fi admise de ordinul 2,1—2,3 tensiune nominală. Pentru sistemele cu tensiuni de ordinul 400 kV și mai mici, supratensiunile de comutație trebuie considerate de ordinul 3,5 ori tensiunea nominală. Pentru transformatoare se pune problema determinării stabilității izolației la astfel de solicitări și să se deducă dacă este necesară introducerea unei încercări speciale, în afara celor introduse în prezent. Este necesară găsirea unei unde echivalente de încercare, așa cum s-a găsit forma 1,2/50 μs pentru undele de supratensiuni atmosferice. S-au propus forme ca 500/5 000 μs sau alte forme apropiate de acestea. Cercetările au arătat că stabilitatea izolației la supratensiuni de comutație este, acoperitor, 0,8 din stabilitatea la tensiunile de impuls de forma 1,2/50 μs. Cunoscînd mărimea reală a supratensiunilor de comutație și stabilitatea izolației transformatoarelor asigurată de actualele nivele de izolație la frecvență industrială și la impuls, se poate afirma că introducerea unei încercări suplimentare, pentru acest tip de solicitări, nu este în prezent necesară. Tendința permanentă de coborîre a actualelor nivele de izolație, pentru o tensiune de lucru dată, va trebui să țină seamă de intrarea în zona supratensiunilor de comutație.

C.T.

CZ 621.315 *Linii de transmisie*

CZ **621.315.614.6.015.532**

Mason, J. H. **Efectul distructiv al descărcărilor parțiale** (L'Avarie des izolants par les décharges partielles). In : Bull. Soc. Franç. Électrs., tom. **V**, nr. 57, sept 1964, p. 557.

Se analizează mărimile care determină caracterul descărcărilor parțiale din izolantul solid : tensiunea de prag și frecvența tensiunii de încercare în funcție de grosimea cavității, natura și presiunea gazului din cavitate. Amplitudinea și energia unui impuls individual de descărcare parțială depind de capacitatea electrică a vacuolei și de saltul de tensiune dintre suprafețele ei în momentul descărcării. Pentru a determina durata de viață a izolantului, pe baza acestui fenomen, este necesar să se studieze nu numai factorii care îl provoacă, ci și desfășurarea lui.

Studiindu-se condițiile în care evoluează degajarea gazului și intensificarea descărcărilor parțiale la limita ulei-izolant solid (transformatoare), se observă că apare o concentrare în bule a gazului preexistent (dizolvat în ulei) sau a gazului (H_2, de obicei) produs prin descărcări parțiale în bulele cu gaz din ulei. S-a stabilit ca gradul de corodare a izolantului prin descărcări parțiale este proporțional cu solicitarea electrică, însă avaria se produce acolo unde solicitarea este mărită local din anumite motive. Studierea propagării canalelor de avarie în cîmp divergent, care pleacă de la un electrod punctual dispus în perfpex (din familia polimetilmetacrilatului), s-a făcut cu ajutorul unui dispozitiv care folosește ca traductor un fotomultiplicator. Aceste studii servesc la aprecierea rolului ingredienților introduși în masa izolantului omogen cu scopul ridicării tensiunii de prag.

Autorul recomandă ca cercetările să se facă asupra unei game mai întinse de materiale, iar atunci cînd se precizează nivelul admisibil de descărcări parțiale pentru diferite aparate de înaltă tensiune, să se țină seamă de efectul condițiilor ambiante particulare de temperatură și de solicitări mecanice, care reduc rezistența la descărcări parțiale.

M.A.

CZ 621.315.616

Ruelker, E. — Henningsdorf. **Materiale din cevausită presată în straturi, pentru electrotehnică** (Cevausit — Schichtpresstoffe für die Elektrotechnik). In : Elektrie, nr. 10, 1964, p. 329—330, 2 tab.

Materialul de care este vorba în articol se realizează în forme plane (plăci), fiind compuse, principial, dintr-un material „purtător" şi un impregnant. Ambele sînt presate apoi la anumite temperaturi în forme plane.

Sînt descrise, în primul rînd, răşinile de impregnare. Astfel, răşina melaminică se utilizează pentru plăci servind articolelor de mare serie datorită anumitor calităţi indicate de autor. Răşina crezolică se caracterizează prin preţul deosebit de scăzut, ceea ce explică faptul că este baza celor mai vechi materiale sintetice. Răşina epoxidică, a cărei utilizare a crescut vertiginos din anul 1946, se caracterizează în primul rînd printr-o deosebită adeziune, de unde reiese o mare rezistenţă a obiectelor confecţionate.

Discutîndu-se materialele „purtătoare", se relevă că aici rolul principal îi revine economiei, deoarece, de exemplu, ţesătura de sticlă este mult mai scumpă decît hîrtia de azbest. La cartoanele izolante obişnuite se utilizează hîrtia de celuloză. Aceasta, faţă de mica rezistenţă termică — clasa de izolare A (105° C) — prezintă în schimb avantajul că, datorită porozităţii, permite răşinii respective să îmbibe cît mai perfect porii hîrtiei. Ţesătura de sticlă compusă din fire de 4—6 μm grosime este superioară din punct de vedere termic, mecanic şi electric.

După o tabelă conţinînd valori medii rezultate din experienţele cu „cevausită" (rezistenţă mecanică şi electrică, factor de pierderi, tensiune de străpungere, acţiunea coroziunii prin electroliză etc.) sînt descrise cele patru categorii de „cevausită" introduse în industrie : materialele „purtătoare", impregnanţii, caracteristicile electrice şi mecanice, cum şi domeniile lor de utilizare.

Gh. C.

CZ 621.315.617.4.001.5

Vardenburg, A. K. **Cu privire la problema acţiunii lacurilor de impregnare asupra izolaţiei conductoarelor cu email** (K voprosu o vozdcistvii propitocinih lakov na izoliaţiu emaliprovodrov). In : Elektrotehnika **36**, nr. 1, 1965, p. 34—36, 2 tab., 5 ref. bibl.

Se studiază influenţa lacurilor de impregnare cu solvenţi organici şi cu emulsie de apă asupra emailurilor de pe conductoarele electrice. Se constată că, la machetele bobinajelor cu conductoare emailate de tip viniflex, impregnate cu lacuri cu emulsie de apă, rigiditatea dielectrică creşte cu circa 25 %, pe cîtă vreme, impregnate cu lacuri cu solvenţi, rigiditatea dielectrică scade cu circa 30 %. La fel se prezintă rezultatele şi pentru conductoarele emailate cu marca PEV-2, încercate în condiţii severe de exploatare (umiditate mărită şi vibraţii). Este de menţionat că rezultatele acestor experimentări corespund practicii din exploatare.

În concluzie se arată superioritatea lacurilor cu emulsie de apă faţă de a celor cu solvenţi organici. Încercările efectuate au folosit un mare număr de epruvete, permiţînd concluzii de ordin statistic.

A. B.

CZ 621.317 *Măsurări electrice*

CZ 621.317.32.015.532

Kreuger, F. H. **Trei aspecte principale ale măsurării descărcărilor parţiale** (Les trois aspects principaux de la détection des décharges partielles). In : Bull. Soc. Franç. Électrs., tom. V, nr. 57, sept 1964, p. 583.

Aprecierea duratei de viaţă a izolantului unui aparat de înaltă tensiune se poate face pe baza rezultatelor încercărilor distructive (tensiunea de străpungere sub tensiune continuă, alternativă sau impuls), încercărilor nedistructive (măsurarea factorului de pierderi cu puntea Schering ; măsurarea descărcărilor parţiale) ; cunoaşterea materialelor utilizate şi configuraţia cîmpului electric ; comportarea la solicitări mecanice.

Se dau exemple din care rezultă că o interpretare corectă a rezultatelor măsurării descărcărilor parţiale nu este posibilă fără cunoaşterea comportării materialului la alte probe. Alegerea mărimii măsurate depinde de tipul izolantului. La un izolant omogen (plastic obţinut prin extrudere sau răşină turnată) este indicată măsurarea mediei pătratice a semnalului, iar la izolanţii cu vacuole numeroase se preferă analizarea impulsurilor de descărcare parţială. Indiferent de aparatul de măsură folosit, este necesară controlarea circuitului de măsură din punctul de vedere al existenţei semnalelor perturbatoare cu un osciloscop. Se preferă circuitul de măsură echilibrat, deoarece nu este influenţat de semnalele perturbatoare externe.

M. A.

CZ 631.319 *Condensatoare*

CZ 621.319.4:621.315.614.6

Raabe, H. **Condensatoare de forţă** (Leistung Kondensatoren). In : ETZ — B **16**, nr. 13, 1964, p. 359—360, 2 fig.

Se prezintă tipurile de condensatoare pentru îmbunătăţirea factorului de putere, expuse la Tîrgul de mostre de la Hanovra, 1964.

Firma Siemens — Schuckert Werke prezintă condensatorul de 50 kVAr, 2 890 V, 50 Hz, cu o micşorare a volumului specific cu circa 25 %. Firma Dominit (R.F.G.) a realizat reduceri mai substanţiale ale volumelor specifice, prezentînd un tip de 100 kVAr, la tensiunea de 6 000 V, 50 Hz, în cuva tipului vechi de 50 kVAr (la aceeaşi tensiune).

Pe aceeaşi linie, firma Hydrawerk din R.F.G. prezintă noi tipuri de condensatoare de forţă.

Problema automatizării reglajului compensării factorului de putere este în atenţia constructorilor şi, în această direcţie, expune firma ERO-Starkstrom-Kondensatoren (R.F.G.) sisteme de reglaj cu semiconductoare. În special, pentru aceste dispozitive de reglaj sînt prezentate mai detaliat elementele constructive şi fotografiile părţilor principale.

A.B.

CZ 621.319.42:621.315.61 CIGRÉ

Elsner, H. **Raport despre lucrările Comitetului de studii „Condensatoare" nr. 18, CIGRÉ** (Report on the work of study Committee nr. 18). Paris, 1964, p. 137/1—137/5, 8 ref. bibl.

Una dintre principalele probleme discutate la recenta sesiune a Comitetului CIGRÉ a fost construcţia condensatoarelor de forţă. Această problemă a fost studiată sub trei aspecte : hîrtia de condensator ; materialele de impregnare ; fenomenele de ionizare şi de îmbătrînire. Din rapoartele prezentate a reieşit că aceste aspecte se întrepătrund şi deci problema trebuie privită ca un tot.

S-a preconizat stabilirea unor metode pentru determinarea grosimii şi densităţii hîrtiei.

Ca materiale de impregnare se tinde la lărgirea folosirii dielectricilor lichizi sintetici, ca „Askarel", datorită principalelor avantaje, şi anume : completa lor necombustibilitate ; constanta dielectrică mult mai ridicată decît a uleiurilor minerale şi stabilitatea termică ridicată. Se preconizează folosirea uleiurilor minerale numai pentru condiţii speciale de lucru, respectiv la medii pînă la —50° C.

Este necesară studierea îmbătrînirii condensatoarelor în legătură cu procesele de impurificare a materialelor de impregnare şi distrugerea celulozei sub acţiunea cîmpului electric şi a temperaturilor ridicate.

A. B.

CRONICĂ

CZ 061.3 ; 621.3 ; 537/38 : 608.1(498)I.C.P.E.

Simpozionul I.C.P.E.: Cercetarea științifică — factor principal al progresului tehnic

În cinstea celui de-al IX-lea Congres al P.C.R., Comisia de ingineri și tehnicieni din Institutul de cercetare și proiectare pentru industria electrotehnică a organizat în ziua de 25 iunie 1965 un simpozion cu tema „Cercetarea științifică — factor principal al progresului tehnic", la care s-au prezentat următoarele comunicări :

1. Acad. dr. ing. A. Avramescu : „Contribuții la aprecierea sintetică a fenomenelor tranzitorii". Se constată că funcția de transfer caracterizează integral comportarea sistemelor fizice și tehnice și că valorile în originea planului complex al acestei funcții și al derivatelor ei succesive reprezintă seria de criterii integrale de optimizare bazată pe momentele erorii. Din aceste valori și din comportarea funcției de transfer pe axa reală negativă se poate deduce comportarea sistemului, în timp, după excitații impulsorii sau în treaptă, fără a integra ecuațiile diferențiale.

2. Ing. I. Barbu : „Cercetări privind calculul și construcția siguranțelor fuzibile rapide și lente". Se prezintă bazele teoretice ale calculului termic al fuzibilelor în cazul general al unui curent alternativ de scurtcircuit. Se deduc formele simple pentru caracterizarea comportării termice a fuzibilelor, care se confirmă experimental cu ajutorul unor serii de oscilograme înregistrate. Au rezultat tipuri și serii de siguranțe selective, care îndeplinesc anumite condiții impuse caracteristicilor de topire. Se arată construcția și tehnologia acestor fuzibile.

3. Ing. M. Racoviță : „Utilizarea calculatoarelor electronice la studiul mașinilor electrice. Rezultate obținute în I.C.P.E." Se expun sintetic rezultatele obținute după rezolvarea unor probleme privind calculul și proiectarea mașinilor electrice, ca de exemplu optimizarea profilului crestăturii unor mașini asincrone, ceea ce ar fi reclamat un volum de calcul insurmontabil pentru colectivul de proiectare respectiv. S-a rezumat experiența cîștigată și s-au dat indicații prețioase cercetătorilor în vederea programării unor probleme de calcul în viitor.

4. Ing. A. Bercu : „Contribuția I.C.P.E. la modernizarea construcțiilor de condensatoare de forță în R.P.R." Se prezintă rezultatele cercetărilor din I.C.P.E. pentru îmbunătățirea continuă a parametrilor fundamentali ai seriilor de condensatoare statice, defazoare și condițiile în care ele au fost asimilate în producția curentă a fabricii F.C.M.E. Se propun serii cu clofen și hîrtie specială, ceea ce permite realizarea unor performanțe superioare și consum specific maxim.

5. Conf. ing. F. D. Lăzăroiu și ing. I. Cserveny : „Linii directoare în cercetările privind protecția climatică a produselor industriale". Se prezintă activitatea I.C.P.E. îndreptată spre asigurarea unei protecții climatice a produselor noastre industriale, stabilindu-se criterii generale și particulare de îndeplinit în activitatea de cercetare, de normare a unor metode eficace de protecție, necesare produselor industriei noastre destinate exportului.

Comunicările au fost urmate de discuții care au adîncit unele probleme rămase neclarificate în comunicări.

Simpozionul a marcat încă o dată nivelul înalt al cercetărilor efectuate în institut, a caracterizat pregnant cum trebuie să se îmbine în probleme concrete cercetarea fundamentală cu aceea amplificativă, cum trebuie să se sprijine introducerea tehnicii celei mai avansate în industrie cu ajutorul cercetării științifice.

Acad. *A. Avramescu*

CZ 061.4 : 62(43)

Expoziția tehnică a Republicii Federale Germane

Între 18 și 30 mai 1965 a fost organizată în București expoziția tehnică a R.F.G.

Instalate atît în interiorul vast al pavilionului, cît și pe terenul care îl înconjoară, cele peste 500 de standuri desfășurate pe o suprafață de 17 000 m² au prezentat vizitatorilor exponate din domeniul construcțiilor de mașini și aparate, din cel al construcțiilor metalice și de nave, produse ale industriei chimice, instalații și aparataj electrotehnic, instalații pentru industria siderurgică, chimică, petrolieră etc.

Numărul firmelor prezentatoare a fost mai mare de 400.

Dintre numeroasele pavilioane se va face o foarte scurtă prezentare a celor care au expus mașini-unelte, instalații și aparataj electrotehnic, autovehicule. Trebuie subliniat faptul că și în celelalte pavilioane au fost expuse produse interesante, cu un înalt grad de tehnicitate.

Între numeroasele tipuri de mașini-unelte, expuse în majoritatea lor la parterul pavilionului, au putut fi văzute, alături de mașini universale, mașini-unelte specializate, cum sînt : mașinile de rectificat supape conice și scaune de supape, expuse de firma MATRA-WERKE GMBH ; mașinile pentru rectificarea plană și simultană pe două fețe ale inelelor de rulmenți, expuse de firma DISKUS-WERKE etc.

De asemenea, alături de mașinile-unelte acționate manual, au fost expuse mașini-unelte automate dintre care vom menționa : strungul VDF model 18 RO, cu diametrul de strunjire 380 mm, cu ciclu automat de prelucrare, mașina de frezat tip FDID cu comandă program, expusă de firma Werner, strungurile revolver automate PIROMAT 23, expuse de firma Pittler etc.

Industria electronică și electrotehnică a R.F.G. a fost reprezentată la această expoziție de numeroase firme, care au prezentat o gamă variată de produse.

Dintre pavilioanele firmelor care au expus instalații și aparataj pentru producerea, transformarea și distribuirea energiei electrice se vor menționa cele organizate de BROWN BOVERI ; SIEMENS ; POLYMA ; AEG.

Merită o atenție deosebită exponatele firmei Siemens — firmă cu tradiție în domeniul electrotehnic și în prezent una dintre cele mai mari întreprinderi electrotehnice din lume.

Produsele prezentate la această expoziție de firma Siemens au fost grupate în următoarele trei mari categorii :

— produse ale tehnicii comunicațiilor și ale tehnicii măsurărilor, inclusiv prelucrarea datelor ;

— produse ale tehnicii curenților tari, inclusiv reactoare nucleare și electronice ;

— aparate electromedicale pentru diagnoză și terapie.

Amintim în continuare cîteva dintre produsele care au putut fi văzute la standul organizat de firma Siemens.

Ca exemple semnificative din domeniul alimentării cu energie au fost prezentate : modelul unei uzine nucleare de 280 MW, al unei turbine multietajate pe un singur ax, de 600 MW, al unui grup transformator de 400 MW și al unui întreruptor cu ulei puțin de 110 kV, 5 000 MVA, 2 000 A. Au mai fost expuse : modelul unui compresor cu motor sincron de 7 500 kW, 241 rot/min ; o pompă cu vid ELMO pentru comprimarea și aspirarea unor gaze explozive ; un bloc redresor cu tiristoare. Au prezentat un bogat sortiment de piese radio și semiconductoare, tuburi electronice ; instrumente de măsură de mare precizie și sensibilitate etc.

În pavilionul firmei BBC Mannheim a suscitat interes o instalație automată de supravegherea unei fabrici, care la cerere sau orar dădea la mașina de scris parametrii relevanți ai procesului tehnologic, comanda făcîndu-se printr-un calculator logic electronic.

Au surprins svelțețea și dimensiunile reduse ale întreruptorului cu aer comprimat BBC de 750 kV, 2000 A, 30 000 MVA, expus în fața pavilionului Brown Boveri.

În alte standuri ale sectorului electrotehnic au fost expuse instalații complete de reglare, comandă și supraveghere pentru industria chimică și petrolieră, pentru uzine electrice și siderurgice, pentru industria ceramică și alimentară, regulatoare, instrumente de înregistrare pentru temperatură și presiune, tablouri de comandă etc.

Cu totul remarcabilă a fost o instalaţie de sortare a unor boabe (de fasole, mazăre şi alte plante similare) după culoarea boabelor, care înaintau pe o bandă de o lăţime de circa 200 mm, cu o viteză de 0,1m/s.

Dintre instalaţiile şi aparatele expuse folosite în telecomunicaţii se vor menţiona instalaţiile de control prin televiziune expuse de firma GRUNDING, aparatele de semnalizare de telecomandă, cum şi comutatoarele de diferite tipuri ale firmei Funke.

Au atras în mod deosebit atenţia vizitatorilor — standurile amenajate în exteriorul pavilionului — care au prezentat diferite tipuri de autovehicule. Printre exponate au putut fi văzute : automobile, camioane, autobuze, basculante pentru încărcături grele etc.

O impresie bună au făcut-o exponatele firmelor Mercedes-Benz şi cele ale firmei Henschel.

În standuri alăturate celor menţionate au fost expuse diferite tipuri de motoare staţionare şi motoare de nave.

Numărul mare al vizitatorilor care au examinat cu atenţie exponatele a dovedit atît utilitatea, cît şi succesul de care s-a bucurat expoziţia.

Organizarea acestei expoziţii dovedeşte o dată în plus politica promovată de ţara noastră, de extindere a legăturilor economice.

SCURTE ŞTIRI

Un aparat care descoperă de pe sol defectele din conductele de înaltă tensiune a fost realizat în Anglia, în laboratoarele organizaţiilor centrale de electricitate. Bolometrul poate percepe chiar de la o distanţă de 60 m ridicarea de temperatură în locurile de joncţiune defectate. După informaţiile autorităţilor, cu acest aparat este necesar numai un sfert din timpul de lucru întrebuinţat mai înainte. Afară de aceasta, la control nu mai este nevoie să se deconecteze conductele.

Din E.T.Z.—B 16, nr. 25, 1964, p. 749

Cea mai lungă bandă transportoare din lume de 4,5 km a intrat în funcţiune în luna august 1964, în Canada. Guvernul canadian a început la această dată construcţia hidrocentralei de la Peace-River. Banda transportoare serveşte la ridicarea barajului Portage-Mountain, la circa 960 km NV de Vancouver şi a fost furnizată de firme germane.

Din E.T.Z. — B 16, nr. 25, 1964, p. 749

Un dispozitiv electric pentru supravegherea aerului de răcire se poate realiza cu un termistor Steatit-Magnesia AG şi un contactor BBC. La întreruperea sau la micşorarea vitezii curentului de aer, termistorul se încălzeşte, rezistenţa lui electrică creşte brusc, iar contactorul întrerupe circuitul, dînd şi alarma. La fel se întîmplă şi dacă aerul de răcire are o temperatură prea mare. Semnalul de alarmă funcţionează, de asemenea, în cazul cînd schema nu funcţionează din cauza lipsei de tensiune sau a defectării termistorului. Dispozitivul ocupă un loc neînsemnat şi are un consum foarte mic.

Reglajul sensibilităţii de funcţionare a dispozitivului se face cu ajutorul unui reostat în paralel.

Din: E.T.Z. — B 16, nr. 26, 1964, p. 768

Noi instalaţii de cercetare pentru transportul energiei electrice de înaltă tensiune în curent continuu (HGU) au fost înfiinţate în R.F.G. de Asociaţia germană pentru cercetări la 400 kV, cu sediul în Heidelberg. O instalaţie la Dossenwald, lîngă Mannheim, se va ocupa de cercetări asupra conductelor şi cablurilor de c.c., cum şi cu problemele de izolaţie în c.c. la tensiuni, deocamdată, de ± 450 kV ; în a doua instalaţie, nou înfiinţată la Rheinau, vor fi studiate pe modele probleme de transport de energie electrică, de felul celor care se vor ivi în Germania şi în Europa, la întrebuinţarea reţelelor HGU alături de cele de c.a., de exemplu de 750 kV.

În alte două instalaţii de cercetare, care sînt în pregătire, se vor studia chestiuni în legătură cu redresoarele cu mercur de puteri mai mari. Pînă acum s-au cheltuit pentru aceste cercetări 2,3 milioane D. M.

Din: E.T.Z. — B 16, nr. 26, 1964, p. 774

Un aparat de electroterapie transportabil pentru ajutorarea electrocutaţilor a fost pus la punct de clinica medicală a Universităţii din Heidelberg. Cu acest aparat se poate analiza starea inimii celui electrocutat şi elimina, la locul accidentului, asistolia (oprirea inimii). Aparatul cîntăreşte circa 20 kg, are un indicator tranzistorizat pentru verificarea activităţii inimii, un aparat emiţător de impulsuri electrice pentru stimularea inimii şi un defibrilator. Autorul indică tensiunile şi curenţii care trebuie utilizaţi.

Din: E.T.Z. — B 16, nr. 26, 1964, p. 757 — 763

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU ; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Acad. R.S.R. ; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil ; ing. V. BUNEA ; ing. V. CIOFU ; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU ; ing. AL. GRECEANU ; ing. ŞT. GROSU ; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct ; conf. ing. G. LAZARIDE ; ing. A. POPA ; prof. ing. CRISTINA POPESCU ; ing. VL. POPOVICI ; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET ; ing. ST. ŢIGANETEA ; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica, nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I C.M. Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.N.R.S.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Intreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 2490
Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/727/1965.

MŰSZAKI KÖNYVTÁRI ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
41 400

SOMMAIRE

CD 621.312 (498) „1966–1970"

Editorial

Electrotehnica 13, no. 8, août 1965, p. 277–278

CD 621.313.33 – 573.2.012.6

Oprendeck, B. : **Considérations concernant les caractéristiques mécaniques des machines d'induction.**

Electrotehnica 13, no. 8, août 1965, p. 279–285

On déduit les expressions analytiques généralisées de la caractéristique mécanique des machines d'induction. On insiste sur la différence essentielle qui existe entre la caractéristique statique et celle dynamique. On donne des indications pour l'utilisation des résultats obtenus dans les problèmes concernant l'actionnement et dans les problèmes d'enregistrement oscillographique du couple. La valabilité des conclusions est soulignée par un matériel expérimental volumineux.

CD 621.314.222 ; 621.312.002.6 (498)

Cotnăreanu, I. : **Une nouvelle série de transformateurs de puissance fabriqués par l'entreprise „Electrotehnica".**

Electrotehnica 13, no. 8, août 1965, p. 286–290

On présente une nouvelle série de transformateurs de petite puissance, à l'huile, ayant des performances supérieures, résistants aux chocs dynamiques et à l'onde d'impulsion. On montre certains détails constructifs qui ont permis l'obtention de résultats positifs, ainsi que les avantages techniques et économiques offerts au producteur et au bénéficiaire.

CD 621.316.545.1.027.6.064.33

Tănăsescu, Fl. : **Le séparateur de charge, appareil de commutation dans les réseaux de moyenne tension.**

Electrotehnica 13, no. 8, août 1965, p. 291–297

Après une présentation sommaire du stade actuel dans le domaine de la construction des séparateurs de charge et des différents types réalisés dans la technique, on indique les domaines dans lesquels ces appareils ont une application de plus en plus large. A la suite de l'analyse on constate que les plus nombreux avantages sont présentés par les types de séparateurs de charge à chambres plates, en matériau gazogène, et que l'on peut passer, sans difficultés techniques importantes, à leur fabrication à partir des séries normales de séparateurs de tension. A la fin de l'article on présente les résultats expérimentaux ainsi que les oscillogrammes obtenus à l'essai à la puissance de rupture de certains de ces appareils.

CD 621.382.333.3 ; 621.316.53

Vărzaru, E. : **Contacteurs statiques à thyristors.**

Electrotehnica 13, no. 8, août 1965, p. 297–302

Après la description sommaire des propriétés des thyristors on analyse leur utilisation pour remplacer les contacteurs électromécaniques conventionnels. On décrit le schéma des contacteurs statiques de courant alternatif et de courant continu et l'on présente les avantages de ces appareils en comparaison avec les contacteurs électromécaniques.

POUR LE JEUNE INGENIEUR

CD 621.315.612.172 ; 539.32

Melconian, V. et *Marcus, B.* : **La détermination du module d'élasticité par voie destructive pour les matériaux céramiques électrotechniques.**

Electrotehnica 13, no. 8, août 1965, p. 302–305

On présente la caractérisation physique du module d'élasticité dans le cas des matériaux agglomérés de nature céramique, la méthode dynamique non destructive pour la détermination du module d'élasticité longitudinal E et de celui transversal G. On indique les résultats des mesurages effectués, ainsi que les conclusions que l'on peut tirer de ces déterminations.

COMPTES RENDUS 306–307
EXTRAITS 307–310
CHRONIQUE 311–312
BRÈVES NOUVELLES 312

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.313

MAŞINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ŞI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313.048

Holopova, Z. I. şi *Tu Kernik, S. V.* **Alegerea clasei de stabilitate termică a izolaţiei maşinilor electrice de joasă tensiune.** In : Elektrotehnika **35**, nr. 11, nov 1964, p. 23—27, 1 fig., 10 tab., 3 ref. bibl.

CZ 621.313.32 ; 621.316.717

Duras, V. **Calculul pornirii unei maşini sincrone folosind un calculator numeric.** In : Elektrotechn. Obz. **53**, nr. 11, nov 1964, p. 585—589, 6 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.313.322.013.8 ; 621.316.722

Vitalgos, L. **Generatoare sincrone cu excitaţie statică având reglare suplimentară de tensiune.** In : Elektrotechnika **57**, nr. 11—12, nov — dec 1964, p. 561—569, 14 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.313.322.843 ; 62—55

Grunauer, A. A. şi *Dik, A. V.* **Regulator pentru dispozitive Diesel — generatoare de mică putere.** In : Energomaşinostroenie, nr. 4, 1965, p. 17—19, 5 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.313.323

Kopilov, I. P. şi *Mazurkevici, A. T.* **Motorul electric monofazat sincronizat.** In : Izv. VUZ. Elektromehanika **7**, nr. 11, nov 1964, p. 1 367—1 371, 4 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.313.33.013.8 ; 621.319.4

Popov, I. A. **Generator asincron autonom cu excitaţie prin variconi.** In : Elektrotehnika **35**, nr. 11, nov 1964, p. 41—44, 11 fig., 1 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621.313.333.017

Schwartz, K. K. **Examinarea pierderilor suplimentare în motoarele de inducţie cu rotorul în colivie.** In : Proc. I.E.E. **111**, nr. 9, sep 1964, p. 1 565—1 574, 2 fig., 4 tab., 24 ref. bibl.

CZ 621.314

TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.213.1

Sisoev, M. I. **Probleme de izolaţie şi răcire a transformatoarelor cu elegaz.** In : Elektricestvo, nr. 11, nov 1964, p. 47—50, 10 fig., 8 ref. bibl.

CZ 621.314.22.08 ;621. 314.2.027.4/8: 621.315.61 ; 66.083.4

Widmann, W. **Contribuţie la tratarea în vacuum a transformatoarelor de măsură şi a transformatoarelor pentru tensiuni înalte.** In : AEG Mitt, **55**, nr. 1, 1965, p. 17—22, 7 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.314.22.08.012.8 ; 621.314.222.8 ; 621.314.224.8 ; 621.314.332.2

Dobschall, D. **Determinarea mărimilor din schema echivalentă a transformatorului de măsurare inductiv.** In : AEG Mitt. **55**, nr. 1, 1965, p. 2—3, 3 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.314.224.8 ; 621.314.222.8

Alimendinger, K. **Transformatorul de curent de tensiune şi transformatorul combinat de 110 pînă la 750 kV pentru instalaţie în aer liber.** In : AEG Mitt. **55**, nr. 1, 1965, p. 5—12, 10 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.314.224.8.062.4.08 ; 621.314.222.8.08

Martin, F şi *Renz, R.* **Decuplarea circuitelor de măsurare la transformatoare.** In : AEG Mitt. **55**, nr. 1, 1965, p. 39—45, 13 fig., 1 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621.314.5 ; 621.382.2

Ermakovici, V. K. **Convertizoare echipate cu diode cu germaniu.** In : Avtomatika i telemehanika i sveaz **80**, nr. 12, dec 1964, p. 31—32, 3 fig.

CZ 621.314.58 ; 621.382.233

Ginsbach, H. K şi *Swoboda, R.* **Dezvoltarea şi aplicarea tiristoarelor.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) **16**, nr. 23, 6 nov 1964, p. 673—677, 8 fig., 14 ref. bibl.

CONTENTS

DC 621.312 (498) „1966–1970"

Leading article.

Electrotehnica 13, nr. 8, august 1965, p. 277–278

DC 621.313.33 – 573.2.012.06

Oprendeck, B. : **Some considerations concerning the mechanical characteristic of induction machines.**

Electrotehnica 13, nr. 8, august 1965, p. 279–285

The generalized analytical expressions of the mechanical characteristic of induction machines are deduced. Stress is laid on the essential difference between the static and the dynamic characteristics. Some indications are given concerning the use of the results in drive problems and oscillographic couple recordings. The valability of the conclusions is emphasized by a rich experimental material.

DC 621.314.222 ; 621.312.002.6(498)

Colnăreanu, I. : **A new series of power transformers produced by the „Electrotehnica" enterprise.**

Electrotehnica 13, nr. 8, august 1965, p. 286–290

A new series of highly efficient low-power oil transformers, resistant to dynamic shocks and surge waves, is presented. Some constructive details which allowed to obtain good performances are given and the technical and economic advantages for both producers and customers are pointed out.

DC 621.316.545.1.027.6.064.33

Tănăsescu, Fl. : **The load switches as switch gears in medium voltage networks.**

Electrotehnica 13, nr. 8, august 1965, p. 291–297

After a brief presentation of the present stage of load switch construction and of the different types produced, some information is given concerning the fields in which they are used on an ever increasing scale. The types of load switches shown to be advantageous by the analysis are those with flat chambers from gas-producing material to the production of which it is possible to turn from the normal series of voltage switches without great technological difficulties. The experimental results and oscillograms obtained from the breaking capacity tests with such apparatus are presented in conclusion.

DC 621.382.333.3 : 621.316.53

Vărzaru, E. : **Static contactors with tiristors.**

Electrotehnica 13, nr. 8, august 1965, p. 297–302

After briefly describing the properties of tiristors, the author analyses their utilization instead of conventional electrochemical contactors. Some alternating and continous-current static contactor schemes are described and their advantages compared with electromechanical contactors.

THE YOUNG ENGINEER'S GUIDE

DC 621.315.612.172 ; 539.32

Melconian, V. and *Marcus, B.* : **The non-destructive determination of the elasticity modulus in the electrotechnical ceramic materials.**

Electrotehnica 13, nr. 8, august 1965, p. 302–305

The physical characterization of elasticity modulus in the case of synterized ceramic materials is given and a non-destructive method for determining the longitudinal E modulus and the transversal G modulus is described. The results of measurements carried out and the conclusions that can be drawn from these determinations are pointed out.

REVIEWS 306–307

ABSTRACTS 307–310

CHRONICLE 311–312

BRIEF NEWS 312

CZ 621.314.632.017.21

Kalnibalotki, I. M. **Studiul regimului termic al redresoarelor cu germaniu şi siliciu.** In : Izv. VUZ. Energhetika **7**, nr. 11, nov 1964, p. 116–120, 7 ref. bibl.

CZ 621.315

TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE. LINII AERIENE. CABLURI SUBTERANE. CONDUCTOARE. MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.2.027.3.088.3.015.532

Widmann, W. **Contribuţie la determinarea sensibilităţii de măsurare în încercările privind descărcările parţiale ale aparatelor de înaltă tensiune.** In : AEG Mitt. **55**, nr. 1, 1965, p. 25–28, 20 fig., 3 tab., 6 ref. bibl.

CZ 621.315.6.001.4

David, P. **Aplicarea analizei termice la controlul materialelor electroizolante şi a izolaţiilor.** În : Elektrotechnika **57**, nr. 11–12, nov–dec 1964, p. 570–580, 16 fig., 2 tab., 20 ref. bibl.

CZ 621.315.613.1

Remboid, A. **Noi materiale izolante pe bază de hîrtie şi micanită pentru izolarea bobinelor şi a barelor de maşini electrice.** In : Bull. ASE **55**, nr. 20, 3 oct 1964, p. 1 025–1 030, 11 fig., 4 tab., 11 ref. bibl.

CZ 621.315.616.9 ; 621.314.222.8

Dobschall, D. **Noi transformatoare de tensiune din răşină de turnare pentru seriile de tensiuni medii.** In : AEG Mitt. **55**, nr. 1, 1965, p. 25–27, 3 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.315.616.9 ; 621.314.224.8 ; 621.314.222.8

Alimendinger, K. şi *Zahova, R.* **Transformatorul de tensiune şi de curent izolat cu răşini de turnare pentru 110 kV.** In : AEG Mitt. **55**, nr. 1, 1965, p. 12–17, 6 fig., 1 ref. bibl.

CZ.621.316

DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTRICE. REŢELE DE DISTRIBUŢIE. DESCHIDEREA ŞI ÎNCHIDEREA CIRCUITELOR. REGLAREA MĂRIMILOR ELECTRICE. PROTECŢIA APARATELOR

CZ 621.316.37.027.8

Bruckner, P. şi *Floth, H.* **Instalaţii de distribuţie blindate şi complet izolate pentru seria de 110, care necesită un spaţiu foarte mic.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **86**, nr. 8, 16 apr 1965, p. 198–204, 13 fig., 18 ref. bibl.

CZ 621.316.722.018.756

Vedeneev, G. M. **Regulatoare şi stabilizatoare cu semiconductoare în regim de impulsuri.** In : Elektricestvo **85**, nr. 9, sep 1964, p. 47–50, 5 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.316.842

Herman, F. **O rezistenţă nouă de precizie bobinată cu valoare ohmică ridicată.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) **16**, nr. 23, 6 nov 1964, p. 670–672, 5 fig., 1 tab., 6 ref. bibl.

CZ 621.317

TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.335.2.085.36

Hurst, S. L. **O schemă simplă pentru măsurarea capacităţilor cu indicaţia numerică a rezultatelor.** In : Electron. Engrg. **36**, nr. 439, sep 1964, p. 596–599, 6 fig., 1 ref. bibl.

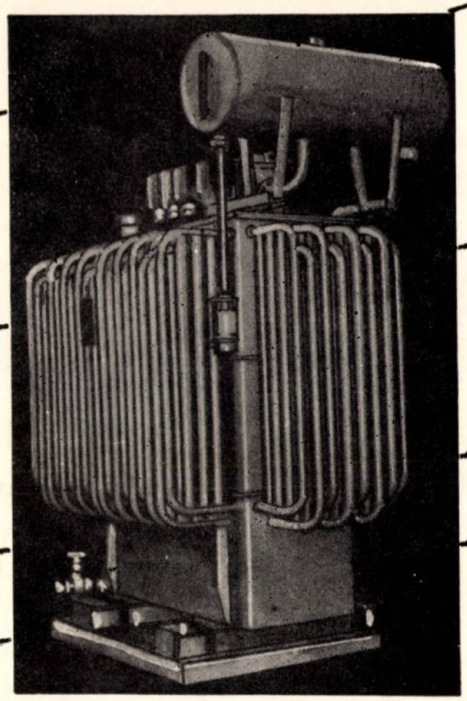
CZ 621.317.39 ; 531.74 ; 621.9

Brunner, J şi *Lahrbach, W.* **Traductoare pas cu pas de unghi, cu generatoare Hall.** In : Siemens Z. **38**, nr. 9, sep 1964, p. 673–675, 4 fig.

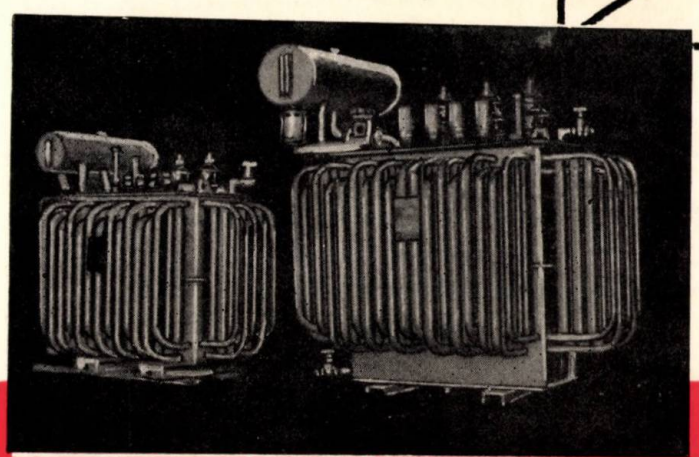
CZ 621.317.63 ; 621.318.134

Rabl, H. **Instalaţie pentru măsurarea ciclului de histerezis al miezurilor mici de ferită.** In : Elektron. Rolsch **18**, nr. 9, sep 1964, p. 480–484, 10 fig., 5 ref. bibl.

OKSZAGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁRES DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883



TRANSFORMATOARE DE PUTERE ÎN ULEI



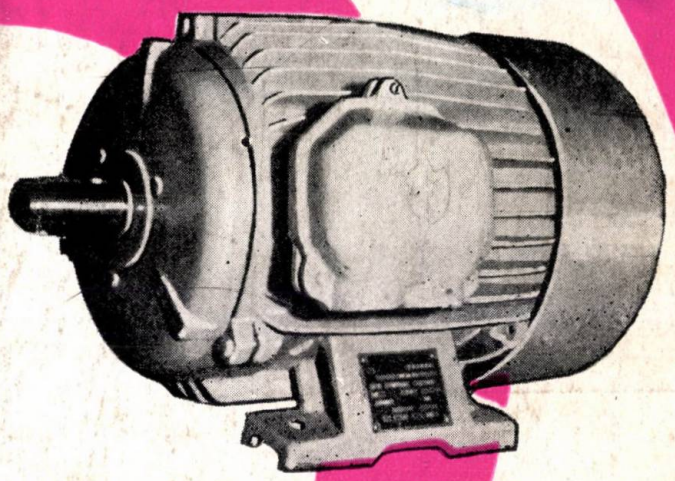
100 — 1600 kVA
pînă la 35 kV
înfăşurări din aluminiu
miez din tablă laminată la rece
nivel scăzut de pierderi
rezistente la scurtcircuit brusc

uzinele ELECTROPUTERE craiova

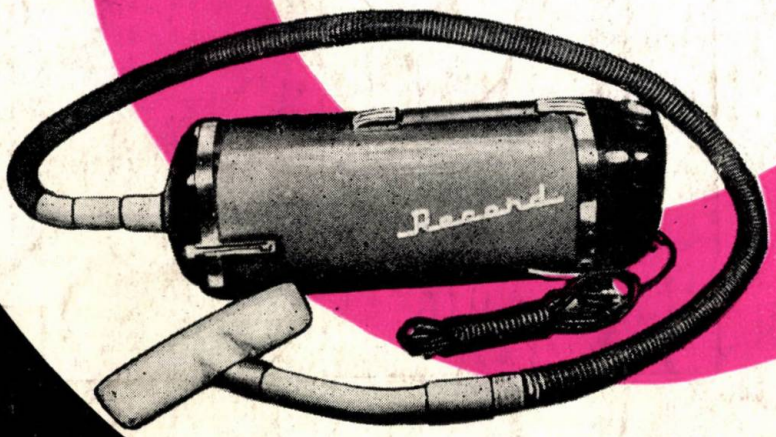
ELECTROMOTOR

1966FEB - 1

- ventilatoare de masă cu cadru sau suport
- relee regulatoare pentru tractoare și autovehicule
- generatoare de curent continuu pentru tractoare și autovehicule
  motoare și reostate pentru mașini de cusut electrice
- motoare pentru antrenarea spălătorului și centrifugei mașinilor de spălat rufe „ALBA—LUX"



- motoare electrice asincrone trifazate cu rotorul in scurtcircuit, protecție IP 44, de 4 — 30 kW, și cu rotorul cu inele de contact, de 5,5 — 22 kW
- aspiratoare de praf tip „Record"

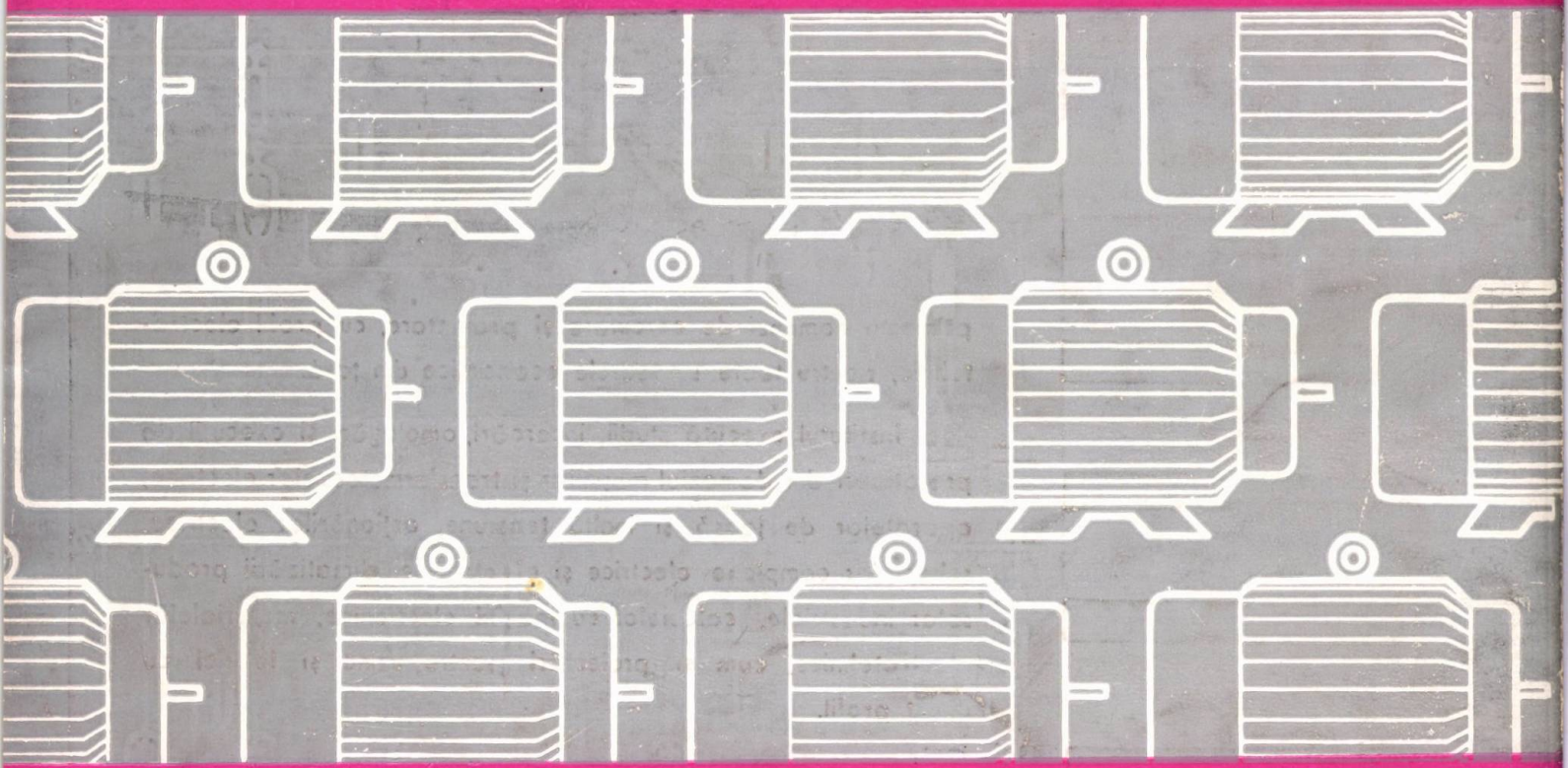


E 2040

KEFELÁLVÁ

R

ELECTROTEHNICA



ELECTROTEHNICA ● BUCUREŞTI ● ANUL 13 ● NR. 9 ● PAGINA 313 — 352 ● SEPTEMBRIE 1965

9

MICM
ICPE

INSTITUTUL DE CERCETARE ŞI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

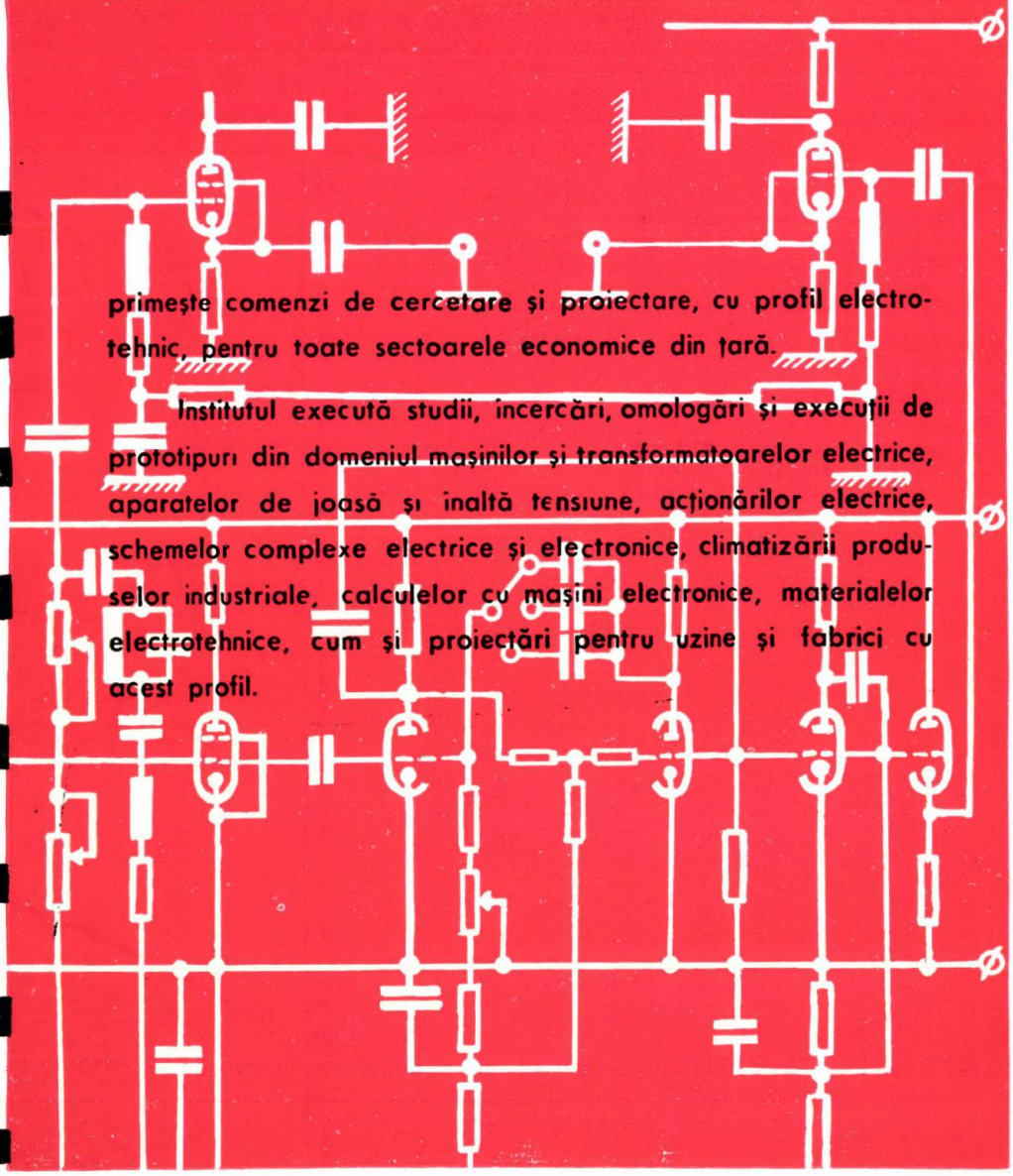
din Bucureşti. Bd. T. Vladimirescu 45, telefon 16.41.40—16.41.48

Научно-исследовательский и Проектировочный институт по вопросам электропромышленности

Electrical Engineering and Research Institute

Forschungs-und Projektierungsinstitut für die Elektroindustrie

Institut de Recherches et Projets pour l'industrie Électrotechnique



primeşte comenzi de cercetare şi proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din ţară.

Institutul execută studii, încercări, omologări şi execuţii de prototipuri din domeniul maşinilor şi transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă şi înaltă tensiune, acţionărilor electrice, schemelor complexe electrice şi electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu maşini electronice, materialelor electrotehnice, cum şi proiectări pentru uzine şi fabrici cu acest profil.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

ELECTROTEHNICA

Anul 13 nr. 9 septembrie 1965

CUPRINS

CZ 621.313.322.044.61: 621.3.045.001.24

Nicolaide, A. și *Drăgănescu, O.*: **Sistemele de amortizare, natural și artificial, ale mașinilor sincrone cu poli aparenți.**

Electrotehnica **13**, nr. 9, sept 1965, p. 313–320

Sistemul de amortizare al unei mașini sincrone cuprinde: sistemul natural de amortizare și sistemul artificial de amortizare. Sistemul natural de amortizare este constituit din piesele de oțel ale rotorului. Sistemul artificial de amortizare este constituit de colivia rotorului.

În lucrare s-a efectuat un studiu teoretic și experimental al celor două sisteme și se stabilesc cazurile în care sistemul natural de amortizare are un rol important, obținîndu-se rezultate interesante și utile în practică, care nu sînt cunoscute în literatură.

CZ 621.315.62.001.6: 551.571

Mark, D.: **Probleme de proiectare și exploatare a izolației electrice în zone cu contaminare.**

Electrotehnica **13**, nr. 9, sept. 1965, p. 320–326

Aspectele legate de contaminarea izolației instalațiilor energetice sînt în atenția cercetătorilor și inginerilor din exploatarea rețelelor. Se prezintă sub formă succintă principalele probleme legate de concepția izolatoarelor pentru regiuni contaminate, modul de încercare a izolatoarelor în mediu contaminat, alegerea izolației pentru instalații expuse contaminării și, în sfîrșit, problemele pe care le ridică exploatarea instalațiilor electrice în zone contaminate.

CZ 621.316.543.001.57: 621.314.214

Rădulescu, C., Năzdrăvan, I. și *Treschin, C.*: **Tipuri noi de sisteme de reglaj, comutatoare și scheme de conexiuni folosite la transformatoarele de putere.**

Electrotehnica **13**, nr. 9, sept 1965, p. 327–333

Utilizarea tipurilor noi de scheme de reglaj, pentru a răspunde la unele necesități de construcție și funcționare, constituie o contribuție importantă la modernizarea și ridicarea calității transformatoarelor de putere. Se prezintă unele elemente de reglaj și scheme de conexiuni interesante, introduse în ultimul timp în fabricație la Uzinele „Electroputere" — Craiova.

CZ 621.318.37.001.2

Dinculescu, P.: **Calculul preliminar al dimensiunilor principale ale electromagneților de curent continuu cu mișcare de rotație.**

Electrotehnica **13**, nr. 9, sept 1965, p. 333–338

Pe baza unor ipoteze simplificatoare se stabilește o metodă de calcul simplă pentru determinarea preliminară a dimensiunilor principale ale electromagneților. Se stabilesc relații de calcul pentru parametrul caracteristic, pentru diametrul piesei polare și pentru dimensiunile bobinei.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

CZ 621.315.211.2: 621.315.616.96: 551.5

Cruceru, C.: **Influența factorilor climatici asupra cablurilor și conductoarelor electrice izolate cu elastomeri sintetici și materiale termoplastice.**

Electrotehnica **13**, nr. 9, sept 1965, p. 339–345

Se analizează comportarea în mediul climatic umed a unor conducte electrice fabricate în țară, izolate cu elastomeri sintetici și materiale termoplastice. Se fac unele recomandări cu privire la îmbunătățirea calității PVC indigen folosit la izolarea cablurilor destinate mediului climatic tropical.

RECENZII 345–347
REFERATE 347–350
CRONICĂ 350–352

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Academiei Republicii Socialiste România; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil; ing. V. BUNEA; ing. V. CIOFU; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU; ing. AL. GRECEANU; ing. ȘT. GROSU; conf. ing. GH. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct; conf. ing. G. LAZARIDE; ing. A. POPA; prof. ing. CRISTINA POPESCU; ing. VL. POPOVICI; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULEȚ; ing. ST. ȚIGANETEA; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din Republica Socialistă România. — Redacția și administrația, București, str. Ion Ghica, nr. 3, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administrația revistei. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul de virament: Publicațiile Tehnice M.I.C.M. — cont 026.002. — Banca Națională a Republicii Socialiste România. — Filiala 30 Decembrie, București. Tarif pentru întreprinderi: 100 lei anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația" str. Brezoianu nr. 23—25, București, c. 2992.

41 400

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.313.322.044.61: 621.3.045.001.24

Николаиде, А. и *Дрэгэнеску, О.:* **Естественная и искусственная системы демпфирования синхронных машин с внешними полюсами.**

Elcterotehnica **13,** nr. 9, сент. 1965, стр. 313–320

Система демпфирования синхронных машин включает естественную и искусственную системы демпфирования. Естественная система демпфирования состоит из стальных деталей ротора. Искусственная система демпфирования представлена беличьей клеткой ротора.

В настоящей работе проведено теоретическое и экспериментальное исследование обеих систем и устанавливаются случаи, в которых естественная система демпфирования играет важную роль. Получены весьма интересные и полезные с практической точки врения результаты, до сих пор еще не опубликованные в литературе.

ДК 621.315.62.001.6: 551.571

Марк, Д.: **Вопросы проектирования и эксплуатации электрической изоляции в зараженных зонах.**

Electrotehnica **13,** nr. 9, сент. 1965, стр. 320–326

Вопросы заражения изоляции энергетических установок находятся в центре внимания исследователей и инженеров, работающих в области эксплуатации сетей. Вкратце освещаются основные вопросы, связанные с концепцией проектирования изоляторов для зараженных районов, способ испытания изоляторов в зараженной среде, выбор изоляции для подвергающихся заражению установок и в заключение, вопросы выдвигаемые эксплуатацией электрических установок в зараженных зонах.

ДК 621.316.543.001.57: 621.314.214

Рэдулеску, К., Наздрэван И. и *Трескин, К.:* **Новые типы регулировочных систем, коммутаторов и схем соединений, применяемых на трансформаторах мощности.**

Electrotehnica **13,** nr. 9, сент. 1965, стр. 327–333

Применение новых типов регулировочных систем для удовлетворения ряда конструктивных и рабочих третребований, является существенным вкладом в дело модернизации и повышения качества трансформаторов мощности. В настоящей работе освещается ряд интересных регулировочных элементов и схем соединений, внедренных в последнее время в производство на Крайовском заводе ,,Электропутере''.

ДК 621.318.37.001.2

Динкулеску, П.: **Предварительный расчет основных размеров электромагнитов постоянного тока, с вращательным движением.**

Electrotehnica **13,** nr. 9, сент. 1965, стр. 333–338

На основании упрощающих гипотез разработан несложный метод расчета для предварительного определения основных размеров электромганитов. Предлагаются расчетные уравнения для характерного параметра, для диаметра полярной детали и для размеров катушки.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621.315.211.2: 621.315.616.96: 551.5

Кручеру, К.: **Влияние климатических факторов на электрические кабеля и проводники, изолированные синтетическими эластомерами и термопластами.**

Electrotehnica **13,** nr. 9, сент. 1965, стр. 339–345

Анализируется поведение во влажной климатической среде ряда производимых в стране электрических проводов, изолированных синтетическими эластомерами и термопластами. Даются рекомендации относительно улучшения качества местного полихлорвинила, применяемого для изолирования кабелей, предназначенных для работы в тропическом климате.

РЕЦЕНЗИИ 345–347
РЕФЕРАТЫ 347–350
ХРОНИКА 350–352

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.313.322.044.61: 621.3.045.001.24

Nicolaide, A. und *Drăgănescu, O.*: **Natürliche und künstliche Dämpfersysteme der schenkelpol-Synchronmaschinen.**
Electrotehnica **13,** H. 9, Sept 1965, S. 313–320

Das Dämpfersystem der Synchronmaschinen umfasst: das natürliche und das künstliche Dämpfersystem. Das natürliche Dämpfersystem bilden die stählernen Bestandteile des Rotors. Das künstliche Dämpfersystem ist aus dem Läuferkäfig gebildet.

Der Aufsatz enthält eine theoretische und experimentelle Studie der beiden Systeme. Dabei werden die Fälle festgesetzt, in denen das natürliche Dämpfersystem eine wichtige Rolle spielt. In diesem Sinne werden interessante und nützliche Ergebnisse für die Praxis erzielt, die in der Fachliteratur nicht verzeichnet sind.

DK 621.315.62.001 6: 551.571

Mark, D.: **Entwurfs-und Betriebsprobleme elektrischer Isolationen in verseuchten Zonen.**
Electrotehnica **13,** H. 9, Sept 1965, S. 320–326

Die Probleme im Zusammenhang mit der Verseuchung der Isolation energetischer Anlagen stehen im Brennpunkt der Aufmerksamkeit von Forschern und Ingenieuren in den elektrischen Anlagen. Der Verfasser umreisst kurz die wichtigsten Probleme beim Entwurf der Isolatoren für verseuchte Gebiete, die Erprobungsweise der Isolatoren in verseuchter Umgebung, die Auswahl der Isolation für Anlagen die einer Verseuchung ausgesetzt sind, sowie Fragen der Wartung elektrischer Isolationen in verseuchten Zonen.

DK 621.316.543.001.57: 621.314.214

Rădulescu, C., Năzdrăvan, I. und *Treschin, C.*: **Neue Typen von Regleranlagen, Umschalter und Schaltbilder für Leistungstransformatoren.**
Electrotehnica **13,** H. 9, Sept 1965, S. 327–333

Die Einführung neuer Reglerschaltungen, die gewissen Bedürfnissen beim Bau und Betrieb entsprechen, bildet einen wertvollen Beitrag zur Modernisierung und Qualitätsverbesserung der Leistungstransformatoren. Im vorliegenden Aufsatz werden einige interessante Reglerelemente und Schaltbilder dargelegt, die in letzter Zeit im „Electroputere-Werk" von Craiova erstellt werden.

DK 621.318.37.001.2

Dinculescu, P.: **Vorberechnung der hauptsächlichen Abmessungen von Gleichstromelektromagneten mit Drehbewegung.**
Electrotehnica **13,** H. 9, Sept 1965, S. 333–338

Auf Grund vereinfachter Hypothesen wird ein einfaches Berechnungsverfahren für die Vorausbestimmung der hauptsächlichen Abmessungen von Elektromagneten entwickelt. Es werden Berechnungsrelationen für den charakteristischen Parameter, für den Durchmesser des Polschuhs und den Durchmesser der Wicklung festgelegt.

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

DK 621.315.211.2: 621.315.616.96.551.5

Cruceru, C.: **Der Einfluss der Witterungsfaktoren auf elektrische Kabeln und Leitungen, die mit synthetischen Elastomeren und thermoplastischen Material isoliert sind.**
Electrotehnica **13,** H. 9, Sept 1965, S. 339–345

Der Verfasser analysiert das Verhalten in Rumänien erzeugter und mit synthetischen Elastomeren und thermoplastischen Materialen isolierten elektrischen Leitungen in feuchter Umgebung. Gleichzeitig gibt er einige Empfehlungen zur Verbesserung der Qualität des einheimischen Polyvinylchlorids, das zur Isolation von Kabeln verwendet wird, die für tropische Witterungsverhältnisse bestimmt sind.

BUCHBESPRECHUNGEN 345–347

REFERATE 347–350

CHRONIK 350–352

MŰSZAKI KÖNYVTÁRI DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

Anul 13 nr. 9 București, septembrie 1965

Sistemele de amortizare, natural și artificial, ale mașinilor sincrone cu poli aparenți

Andrei Nicolaide* — Brașov și **Ovidiu Drăgănescu**** — Craiova

CZ 621.313.322.044.61 : 621.3.045.001.24

Se cunoaște rolul amortizorului în construcția mașinii sincrone. De asemenea, se poate considera că în prezent există lucrări care soluționează satisfăcător problema determinării parametrilor constructivi și funcționali ai amortizorului. Rolul amortizorului devine foarte important atunci cînd mașina sincronă are polii executați din tole. Astfel, se știe că mașinile sincrone (mai mici) cu poli înecați, executați din tole (la care nu se mai face plasarea unui bobinaj de amortizare, deoarece este dificil) nu funcționează bine în paralel și nu se comportă bine la fenomenele tranzitorii. Pe de altă parte, se știe că la mașinile cu poli aparenți masivi, rolul unui bobinaj de amortizare este aproape nul, deoarece polul masiv poate îndeplini el singur rolul unui bobinaj de amortizare. Practicienii știu că la mașinile cu poli aparenți lamelați există o așa-zisă amortizare naturală, care provine din faptul că totuși, prin poli, sub poli și în jurul polilor există piese masive (fig. 1). Aceste elemente naturale au rolul unui bobinaj de amortizare care, obișnuit, suplimentează acțiunea bobinajului de amortizare cunoscut al mașinii. În literatura de specialitate nu este analizat acest bobinaj a cărui acțiune poate fi foarte importantă, în sens pozitiv. Noi am numit acest bobinaj, sistem de amortizare natural, spre deosebire de bobinajul de amortizare introdus special în construcția mașinii, numit sistem de amortizare artificial.

— Sistemul de amortizare natural, ca orice înfășurare de amortizare a unei mașini sincrone, se caracterizează prin rezistență și reactanță longitudinală și rezistență și reactanță transversală. Colivia rotorică reprezintă sistemul artificial de amortizare. Cele două sisteme, natural și artificial, formează împreună sistemul de amortizare rezultant al mașinii.

Rotorul unei mașini sincrone cu înfășurarea de excitație deschisă se prezintă deci ca un rotor cu dublă colivie, fiecare colivie corespunzînd uneia dintre cele două sisteme de amortizare.

Scopul lucrării de față este studiul importanței sistemului de amortizare natural, analizîndu-se probleme care prezintă mult interes teoretic și practic și care nu au fost abordate în literatură.

1. Metoda de studiu

Prin toate metodele de calcul se determină parametrii coliviei, deci ai sistemului artificial de amortizare, în timp ce din încercările experimentale rezultă parametrii sistemului rezultant de amortizare.

Pentru diferite tipuri de colivii, dispuse succesiv pe rotorul aceleiași mașini sincrone, s-au determinat parametrii prin calcul. S-au comparat apoi valorile parametrilor sistemului de amortizare artificial, adică ai coliviei, determinate prin calcul, cu valorile parametrilor sistemului rezultant de amortizare deduse experimental, ceea ce a permis să se pună în evidență influența sistemului natural de amortizare.

Datele mașinii studiate sînt indicate la paragraful 2. Se vor folosi aceleași notații ca în lucrarea [1]. Parametrii amortizorului, anume rezistența și reactanța de scăpări, se vor nota ca în lucrarea [1] cu r_{Dd} și x_{sDd} pentru axa longitudinală, respectiv cu r_{Dq} și x_{sDq} pentru axa transversală. În figura 1 sînt reprezentate secțiunile longitudinală și transversală prin rotorul mașinii studiate. Este util de subliniat că acest tip constructiv al rotorului este mult utilizat în construcția de mașini sincrone cu poli aparenți; de aceea concluziile deduse din studiul efectuat au o largă aplicabilitate.

Calculul parametrilor sistemului artificial de amortizare, adică ai coliviei, a fost efectuat prin metodele indicate în lucrarea [1], care prezintă o mare exactitate.

* Cd. șt. tehn. ing. *A. Nicolaide* este conferențiar la Institutul politehnic — Brașov.

** Ing. *O. Drăgănescu* este inginer principal la uzinele „Electroputere" — Craiova.

Determinarea experimentală a parametrilor s-a făcut prin metoda statică [2], [3], [4]. Se determină astfel, înfăşurarea de excitaţie fiind deschisă, parametrii longitudinali r_d'' şi x_d'', care

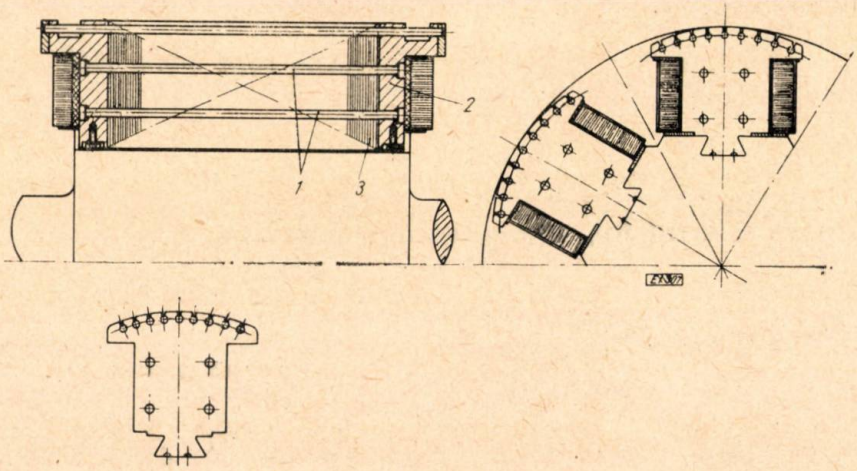


Fig. 1. Secţiune prin rotorul generatorului sincron studiat în lucrare:
1 – nituri de presare; *2* – plăci de strîngere; *3* – tole.

reprezintă rezistenţa şi reactanţa la bornele schemei din figura 2. De asemenea, prin metoda statică s-au determinat parametrii transversali r_q'' şi x_q'', care reprezintă rezistenţa şi reactanţa la bornele schemei din figura 3.

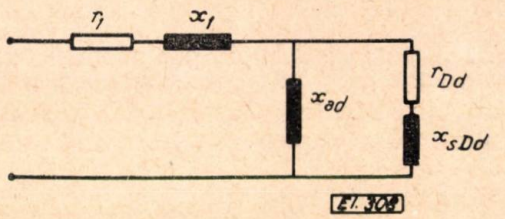


Fig. 2. Schema echivalentă longitudinală a maşinii sincrone în stare de repaus.

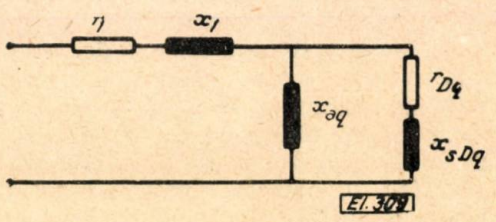


Fig. 3. Schema echivalentă transversală a maşinii sincrone în stare de repaus.

S-au determinat prin metodele experimentale cunoscute [2], [3], [4] parametrii r_1, x_1, x_{ad}, x_{aq}. S-a notat cu r_1 şi x_1 rezistenţa, respectiv reactanţa de scăpări, pe o fază a statorului. Cu x_{ad} şi x_{aq} s-au notat reactanţele longitudinală şi transversală ale circuitului magnetizant. Pentru mai multă siguranţă s-au verificat rezultatele obţinute, determinînd experimental aceiaşi parametri r_1, x_1, x_{ad}, x_{aq}, prin metode diferite. Cu ajutorul schemelor din figurile 2 şi 3 s-au separat uşor parametrii r_{Dd}, x_{sDd}, r_{Dq}, x_{sDq} ai sistemului rezultant de amortizare al maşinii.

Pentru a se putea aprecia mai bine importanţa sistemului natural de amortizare s-au determinat experimental parametrii săi după cele două axe. Determinarea experimentală a acestor parametri s-a făcut pentru maşina fără colivie, lăsînd deci numai elementele rotorului care constituie sistemul natural de amortizare.

S-au determinat experimental parametrii longitudinali şi transversali ai sistemului de amortizare al maşinii, pentru colivii cu diferite numere de bare, dispuse succesiv pe acelaşi rotor. Încercările au fost efectuate pentru colivii realizate din cupru sau alamă, pentru a se urmări efectul sistemului natural de amortizare în funcţie de valoarea rezistenţei coliviei.

2. Calculul parametrilor sistemului artificial de amortizare

Calculele şi încercările experimentale au fost efectuate asupra maşinii sincrone tip MSA care are următoarele date tehnice: $P_N = 630$ kW; $U_N = 6\,000$ V (între faze); $I_N = 64$ A; $f = 50$ Hz; $n = 1\,000$ rot/min; conexiune Y, randament $\eta = 0{,}945$; tensiune nominală de excitaţie $U_f = 30$ V; curent nominal de excitaţie $I_f = 223$ A. Toate rezistenţele şi reactanţele vor fi exprimate în unităţi relative, notate cu u.r. Se utilizează sistemul de unităţi MKSA raţionalizat.

Maşina are următoarele date după fişa de calcul: numărul de faze $m=3$; numărul de perechi de poli $p = 3$; numărul de spire pe fază a înfăşurării statorului $w_1 = 216$; factorul de înfăşurare $k_{w1} = 0{,}927$; lungimea ideală a maşinii $l_i = 40{,}7$ cm; pasul polar $\tau = 36{,}7$ cm; lungimea barei coliviei $l_c = 45{,}5$ cm; înălţimea istmului crestăturii rotorului $h_0 = 0{,}25$ cm; lăţimea istmului crestăturii rotorului $b_0 = 0{,}2$ cm; pasul crestăturii rotorului $t_c = 2{,}7$ cm; pasul crestăturii statorului $t_1 = 3{,}05$ cm; secţiunea barei coliviei $s_c = \frac{\pi (1{,}2)^2}{4} = 1{,}13$ cm^2; secţiunea inelului de conexiune $s_k = 6{,}75$ cm^2; întrefierul minim în axa polului $\delta = 0{,}65$ cm; raportul dintre întrefierul maxim şi cel minim $\gamma = \frac{\delta_{max}}{\delta_{min}} = 1{,}5$; lăţimea istmului crestăturii statorului $b_0 = 1{,}3$ cm; lăţimea piesei polare $b_p = 25{,}5$ cm; distanţa dintre marginile pieselor polare vecine $c = 11{,}2$ cm.

Colivia rotorului este de tipul cu inele de conexiune complete. Inelele de conexiune au fost executate din același material ca și barele. Barele coliviei sînt de secțiune circulară.

S-au utilizat notațiile : rezistivitatea cuprului $\rho = 2{,}17.10^{-6}$ Ω cm ; coeficientul de majorare a rezistenței datorită curenților turbionari, în cazul de față $k_r \approx 1$; raportul dintre rezistivitatea metalului din care sînt executate barele și rezistivitatea cuprului, $k_a = 1$ pentru cupru și $k_a = 4$ pentru alamă ; raportul dintre rezistivitatea metalului din care sînt executate inelele de conexiune și rezistivitatea cuprului, $k = 1$ pentru inele de cupru și $k = 4$ pentru inele de alamă.

În figura 1 sînt reprezentate secțiunile longitudinală și transversală prin rotorul acestei mașini.

Se efectuează calculele următoare după lucrarea [5].

Valoarea nominală a amplitudinii tensiunii magnetomotoare a statorului, pe pol, este :

$$F_1 = \frac{1}{p} \cdot 1{,}35 \cdot w_1 k_{w1} I_N = \frac{1}{3} \cdot 1{,}35 \cdot 216 \cdot 0{,}927 \cdot \cdot 64 = 5\,770 \text{ A}.$$

Valoarea nominală a fluxului magnetic care corespunde valorii nominale a tensiunii E_N pe fază este :

$$\Phi_N = \frac{E_N}{\pi \sqrt{2} w_1 k_{w1} f} = \frac{3\,470}{\pi \sqrt{2} \cdot 0{,}927 \cdot 50 \cdot 216} = 0{,}0784 \text{ Wb}.$$

Permeanța specifică de scăpări corespunzătoare unei bare a coliviei rotorului se va calcula după anexa III din lucrarea [1]. Se găsește :

$$\lambda_b = \lambda_c + \lambda_d = 1{,}91 + 0{,}47 = 2{,}38 ;$$

permeanța specifică de scăpări a crestăturii este

$$\lambda_c = 0{,}66 + \frac{h_0}{b_0} = 0{,}66 + \frac{2{,}5}{2} = 1{,}91.$$

Intrefierul echivalent este

$$\delta' = k_C \, \delta = 1{,}139 . 0{,}65 = 0{,}74 \text{ cm}.$$

Coeficientul lui Carter este :

$$k_C = 1 + \frac{b_1}{t_1 - b_1} = 1 + \frac{0{,}372}{3{,}05 - 0{,}372} = 1{,}139 ;$$

$$b_1 = b_0 \frac{b_0}{5\delta + b_0} = 1{,}3 \cdot \frac{1{,}3}{5 \cdot 0{,}65 + 1{,}3} = 0{,}372.$$

Pentru

$$\frac{b_0}{\delta'} = \frac{0{,}2}{0{,}74} = 0{,}27$$

se obține, după figura 18 din lucrarea [1], permeanța specifică de scăpări de la dinte la dinte $\lambda_d = 0{,}47$.

De asemenea, se obține, după lucrarea [1] :

$$k_d = \frac{\alpha\pi + \sin \alpha\pi}{\pi} = 0{,}956 ;$$

$$k_q = \frac{\alpha\pi - \sin \alpha\pi}{\pi} = 0{,}434.$$

Coeficientul ideal de acoperire a pasului polar :

$$\alpha = \frac{b_p}{\tau} = \frac{255}{367} = 0{,}695.$$

Reactanțele ciclice longitudinală și transversală corespunzătoare circuitului magnetizant sînt :

$$x_{ad} = \frac{k_d F_1 \mu_0}{\delta' B_\delta} = \frac{0{,}956 \cdot 5{,}77 \cdot 10^3 \cdot 1{,}25 \cdot 10^{-8}}{0{,}825 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}74} = 1{,}13 ;$$

$$x_{aq} = \frac{k_q F_1 \mu_0}{\delta' B_\delta} = \frac{0{,}434 \cdot 5{,}77 \cdot 10^3 \cdot 1{,}25 \cdot 10^{-8}}{0{,}825 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}74} = 0{,}512.$$

Valoarea nominală a inducției magnetice :

$$B_\delta = \frac{\Phi_N}{\frac{2}{\pi} \tau l_i} = \frac{7{,}84 \cdot 10^{-2}}{\frac{2}{\pi} \cdot 36{,}7 \cdot 40{,}7} = 0{,}825 \cdot 10^{-4} \text{ Wb/cm}^2.$$

Calculul aproximativ al parametrilor înfășurării de amortizare fără a se lua în considerare neuniformitatea întrefierului și prezența spațiilor interpolare. Se va efectua, în această lucrare, complet acest calcul pentru colivia cu $n_c = 9$ bare de alamă pe pol, după lucrarea [1]. Nu se va lua în considerare saturația. Pentru $n_c = 9$ unghiul geometric dintre barele extreme de pe piesa polară este :

$$2\beta = \frac{(n_c - 1) t_c}{\tau} \cdot 180° = \frac{8 \cdot 2{,}7}{36{,}7} \cdot 180° = 106°.$$

Unghiul geometric dintre două bare vecine este

$$\alpha_c = \frac{2{,}7}{36{,}7} \cdot 180° = 13°15'.$$

După lucrarea [1] se găsește :

$$S_d = 1{,}32 ; \qquad S_q = 3{,}3 ;$$
$$K_d = 1{,}24 ; \qquad K_q = 2{,}6 ;$$

$$\tau_{Dd\delta} = 0{,}15 \text{ (pentru } k_d = 1) ; \quad \tau_{Dq\delta} = 0{,}009.$$

Pentru $k_d = 0{,}956$ se obține :

$$\tau_{Dd\delta} = 1{,}15 . 0{,}956 - 1 = 0{,}1.$$

Rezistența longitudinală a coliviei de amortizare este :

$$r_{Dd} = \rho \frac{F_1}{f \Phi_N} \left(k_r k_a \frac{l_c}{s_c} + k \frac{\tau}{s_k} K_d \right) \frac{1}{4 S_d} =$$

$$= \frac{2{,}17 \cdot 10^{-6} \cdot 5{,}77 \cdot 10^3}{50 \cdot 7{,}84 \cdot 10^{-2}} \left(4 \frac{45{,}5}{1{,}13} + 4 \frac{36{,}7}{6{,}75} 1{,}24 \right) \frac{1}{4 \cdot 1{,}32} =$$

$$= 0{,}114 \text{ u.r.}$$

Rezistența transversală a coliviei de amortizare este :

$$r_{Dq} = \rho \frac{F_1}{f\,\Phi_N}\left(k_r k_a \frac{l_c}{s_c} + k \frac{\tau}{s_k} K_q \right) \frac{1}{4\,S_q} =$$

$$= \frac{2{,}17 \cdot 10^{-6} \cdot 5{,}77 \cdot 10^3}{50 \cdot 7{,}84 \cdot 10^{-2}} \left(4 \frac{45{,}5}{1{,}13} + 4 \frac{36{,}7}{6{,}75}\, 2{,}60 \right) \frac{1}{4 \cdot 3{,}30} =$$

$$= 0{,}0527 \text{ u.r.}$$

Reactanța de scăpări longitudinală a coliviei de amortizare este

$$x_{sDd} = \frac{2\pi\mu_0 F_1}{\Phi_N} (l_c \lambda_b + c_f \tau K_d) \frac{1}{4\,S_d} \tau_{Dd\delta}\, x_{ad} =$$

$$= \frac{2\pi \cdot 1{,}25 \cdot 10^{-8} \cdot 5{,}77 \cdot 10^3}{7{,}84 \cdot 10^{-2}} (45{,}5.2{,}38 +$$

$$+ 0{,}3.36{,}7.1{,}24) \frac{1}{4 \cdot 1{,}32} + 0{,}1.1{,}13 = 0{,}246 \text{ u. r.}$$

Permeanța specifică, corespunzătoare scăpărilor pe unitatea de lungime a inelului de conexiune, s-a luat ca în lucrarea [1]; $c_f = 0{,}3$.

Reactanța de scăpări transversală a coliviei de amortizare este

$$x_{sDq} = \frac{2\pi\mu_0 F_1}{\Phi_N} (l_c \lambda_b + c_f \tau K_q) \frac{1}{4\,S_q} + \tau_{Dq\delta}\, x_{aq} =$$

$$= \frac{2\pi \cdot 1{,}25 \cdot 10^{-8} \cdot 5{,}77 \cdot 10^3}{7{,}84 \cdot 10^{-2}} (45{,}5.2{,}38 +$$

$$+ 0{,}3.36{,}7.2{,}60) \frac{1}{4 \cdot 3{,}30} + 0{,}009.0{,}512 = 0{,}0646 \text{ u.r.}$$

Analog se poate efectua calculul pentru diferite colivii. Valorile obținute au fost trecute în tabela 1.

Calculul mai exact al parametrilor înfășurării de amortizare luînd în considerare neuniformitatea întrefierului și prezența spațiilor interpolare. Acest calcul se va efectua ca și mai înainte pentru colivia cu $n_c = 9$ bare de alamă pe pol, după lucrarea [1].

Coeficienții din axa longitudinală :

$$k_d = -\frac{2\alpha \sin^2 \frac{\alpha\pi}{2}}{\gamma - 1} + \frac{\sin^2 \frac{\alpha\pi}{2} + (\gamma - 1)}{\gamma - 1} c_\alpha ;$$

$$c_\alpha = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{\sin \frac{\alpha\pi}{2}}{a\sqrt{\gamma - 1}} \operatorname{arc\,tg} \left(\frac{a\sqrt{\gamma - 1}}{\sin \frac{\alpha\pi}{2}} \operatorname{tg} \frac{\alpha\pi}{2} \right) ;$$

$$a = \sqrt{1 + \frac{\sin^2 \frac{\alpha\pi}{2}}{\gamma - 1}} ; \quad \gamma = \frac{\delta_{max}}{\delta_{min}} .$$

După datele mașinii :

$$\gamma = 1{,}5 ; \quad \frac{\alpha\pi}{2} = 62°30' ; \quad \operatorname{tg} 62°30' = 1{,}921.$$

Înlocuind, se găsește :

$$a = 1{,}606 ; \quad c_\alpha = 1{,}184 ; \quad k_d = 0{,}86.$$

Se calculează :

$$\frac{\pi}{4} k_{nd} = \frac{\sin \frac{\alpha\pi}{2}}{\sqrt{\gamma - 1}} \operatorname{arc\,tg} \left(\sqrt{\gamma - 1}\, \frac{\sin \frac{\theta_n}{2}}{\sin \frac{\alpha\pi}{2}} \right) .$$

Unghiurile θ_n sînt :

$$\theta_1 = \frac{106°}{8} = 13°\,15' ; \quad \theta_2 = 26°\,30' \text{ etc.}$$

După efectuarea calculelor se obține :

$$\frac{\pi}{4} k_{1d} = 0{,}227 ; \quad \frac{\pi}{4} k_{2d} = 0{,}430 ; \quad \frac{\pi}{4} k_{3d} = 0{,}591 ;$$

$$\frac{\pi}{4} k_{4d} = 0{,}711.$$

Se calculează :

$$c_{nd} = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{\sin \frac{\alpha\pi}{2}}{a\sqrt{\gamma - 1}} \operatorname{arc\,tg} \left(\frac{a\sqrt{\gamma - 1}}{\sin \frac{\alpha\pi}{2}} \operatorname{tg} \frac{\theta_n}{2} \right) -$$

$$- \operatorname{arc\,tg} \left(\frac{a\sqrt{\gamma - 1}}{\sin \frac{\alpha\pi}{2}} \operatorname{tg} \frac{\theta_{n-1}}{2} \right) .$$

De exemplu :

$$c_{1d} = 0{,}25 \operatorname{arc\,tg} (1{,}275 \operatorname{tg} 13°15') ;$$

$$c_{2d} = 0{,}25 \operatorname{arc\,tg} (1{,}275 \operatorname{tg} 26°30') -$$

$$- \operatorname{arc\,tg} (1{,}275 \operatorname{tg} 13°15').$$

După efectuarea calculelor rezultă :

$$\frac{\pi}{\alpha_c} c_{1d} = 0{,}988 ; \quad \frac{\pi}{\alpha_c} c_{2d} = 0{,}936 ; \quad \frac{\pi}{\alpha_c} c_{3d} = 0{,}838 ;$$

$$\frac{\pi}{\alpha_c} c_{4d} = 0{,}750.$$

Coeficienții din axa transversală sînt :

$$k_q = \frac{2\alpha \sin^2 \frac{\alpha\pi}{2}}{\gamma - 1} + \frac{\sin^2 \frac{\alpha\pi}{2}}{\gamma - 1} c_\alpha +$$

$$+ \frac{\sigma}{\gamma} \left[(1 - \alpha) + \frac{1}{\pi} \sin \alpha\pi \right] .$$

Semnificația notațiilor din membrul al doilea fiind aceeași ca pentru axa longitudinală se pot înlocui valorile obținute și rezultă $k_q = 0{,}438$.

Pentru $\frac{c}{\delta_{max}} = \frac{11{,}2}{0{,}975} = 11{,}48$; după curba din figura 2, dată în lucrarea [6], se găsește $\sigma = 0{,}3$.

Se calculează :

$$\frac{\pi}{4} k_{nq} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sin^2 \frac{\alpha\pi}{2}}{a(\gamma - 1)} \ln \left(\frac{a - \cos \frac{\alpha\pi}{2}}{a + \cos \frac{\alpha\pi}{2}} \cdot \frac{a + \cos \frac{\theta_n}{2}}{a - \cos \frac{\theta_n}{2}} \right) + \frac{\sigma}{\gamma} \cos \frac{\alpha\pi}{2} \cdot$$

Se obține, de exemplu :

$$\frac{\pi}{4} k_{1q} = \frac{1}{2} \cdot \frac{0{,}787}{1{,}6 \cdot 0{,}5} \ln \left(\frac{1{,}6 - \cos 62°30'}{1{,}6 + \cos 62°30'} \cdot \frac{1{,}6 + \cos 53°}{1{,}6 - \cos 53°} \right) + 0{,}2 . \cos 62°30'.$$

După efectuarea calculelor rezultă :

$$\frac{\pi}{4} k_{1q} = 0{,}190 ; \quad \frac{\pi}{4} k_{2q} = 0{,}315 ; \quad \frac{\pi}{4} k_{3q} = 0{,}421 ;$$

$$\frac{\pi}{4} k_{4q} = 0{,}494 ; \quad \frac{\pi}{4} k_{5q} = 0{,}519.$$

Se efectuează calculul coeficienților c_{nq} în mod similar calculului coeficienților c_{nd} și se obține :

$$\frac{\pi}{\alpha_c} c_{1q} = 0{,}502 ; \quad \frac{\pi}{\alpha_c} c_{2q} = \frac{\pi}{\alpha_c} c_{4d} = 0{,}750 ;$$

$$\frac{\pi}{\alpha_c} c_{3q} = \frac{\pi}{\alpha_c} c_{3d} = 0{,}838 ; \quad \frac{\pi}{\alpha_c} c_{4q} = \frac{\pi}{\alpha_c} c_{2d} = 0{,}936 ;$$

$$\frac{\pi}{\alpha_c} c_{5q} = \frac{\pi}{\alpha_c} c_{1d} = 0{,}988.$$

Coeficienții din expresiile parametrilor coliviei în axa longitudinală :

$$S_d = \left(\frac{\pi}{4} \right)^2 \cdot \frac{\sum_{n=1}^{4} k_{nd}^2}{k_d^2} = \frac{1{,}091}{k_d^2} = 1{,}47 ;$$

$$K_d = \frac{\alpha_D}{n_c - 1} \cdot \frac{2 S_{dk}}{S_d},$$

unde :

$$\alpha_D = \frac{2\beta}{\pi} = \frac{106°}{180°} = 0{,}589 ;$$

$$k_d^2 \, 2 \, S_{dk} = 2 \left(\frac{\pi}{4} \right)^2 [(k_{1d} + k_{2d} + k_{3d} + k_{4d})^2 + (k_{2d} + k_{3d} + k_{4d})^2 + (k_{3d} + k_{4d})^2 + (k_{4d})^2].$$

Efectuînd înlocuirile și calculele se găsește :

$$k_d^2 \, 2 \, S_{dk} = 18{,}02$$

și rezultă

$$K_d = 1{,}22.$$

Coeficientul scăpărilor suplimentare longitudinale ale coliviei :

$$\tau_{Dd\delta} = \frac{\pi^2}{8} \cdot \frac{2 S_{d\delta}}{S_d^2} \cdot \frac{\alpha_c}{\pi} k_d - 1,$$

unde :

$$k_d^4 \, 2 \, S_{d\delta} = \left(\frac{\pi}{4} \right)^2 2 \frac{\pi}{\alpha_c} [c_{1d} (k_{1d} + k_{2d} + k_{3d} + k_{4d})^2 + c_{2d} (k_{2d} + k_{3d} + k_{4d})^2 + c_{3d} (k_{3d} + k_{4d})^2 + c_{4d} (k_{4d})^2].$$

Efectuînd înlocuirile și calculele se găsește : $k_d^4 \, 2 \, S_{d\delta} = 8{,}422$ și rezultă $\tau_{Dd\delta} = 0{,}106$.

Coeficienții din expresiile parametrilor coliviei în axa transversală :

$$S_q = \left(\frac{\pi}{4} \right)^2 \cdot \frac{\frac{1}{2} k_{5q}^2 + \sum_{n=1}^{4} k_{nq}^2}{k_q^2} = \frac{0{,}691}{k_q^2} = 3{,}59 ;$$

$$K_q = \frac{1}{S_q} \left[\frac{\alpha_D}{n_c - 1} 2 S_{qk} + (1 - \alpha_D) S_k^2 \right],$$

unde :

$$k_q^2 \, 2 \, S_{qk} = 2 \left(\frac{\pi}{4} \right)^2 \left[\left(\frac{1}{2} k_{5q} + k_{4q} + k_{3q} + k_{2q} \right)^2 + \left(\frac{1}{2} k_{5q} + k_{4q} + k_{3q} \right)^2 + \left(\frac{1}{2} k_{5q} + k_{4q} \right)^2 + \left(\frac{1}{2} k_{5q} \right)^2 \right];$$

$$S_k^2 = \left(\frac{\pi}{4} \right)^2 \cdot \frac{1}{k_q^2} \left(\frac{1}{2} k_{5q} + k_{4q} + k_{3q} + k_{2q} + k_{1q} \right)^2 .$$

Efectuînd înlocuirile și calculele se găsește :

$$k_q^2 \, 2 \, S_{qk} = 14{,}098 ; \quad k_q^2 \, S_k^2 = 2{,}820$$

și rezultă $K_q = 3{,}17$.

Coeficientul scăpărilor suplimentare transversale ale coliviei :

$$\tau_{Dq\delta} = \frac{\pi^2}{8} \cdot \frac{2 S_{q\delta} \frac{\alpha_c}{\pi} + \frac{\sigma}{\gamma} (1 - \alpha) S_{k\delta}^2}{S_q^2} k_q - 1,$$

unde :

$$k_q^4 \, 2 \, S_{q\delta} = \left(\frac{\pi}{4} \right)^2 2 \frac{\pi}{\alpha_c} \left[c_{1q} \left(\frac{1}{2} k_{5q} + k_{4q} + k_{3q} + k_{2q} + k_{1q} \right)^2 + c_{2q} \left(\frac{1}{2} k_{5q} + k_{4q} + k_{3q} + k_{2q} \right)^2 + c_{3q} \left(\frac{1}{2} k_{5q} + k_{4q} + k_{3q} \right)^2 + c_{4q} \left(\frac{1}{2} k_{5q} + k_{4q} \right)^2 + c_{5q} \left(\frac{1}{2} k_{5q} \right)^2 \right].$$

Efectuînd înlocuirile și calculele se găsește :

$$k_q^4 \, 2 \, S_{q\delta} = 9{,}656 ; \quad k_q^4 \, S_{k\delta}^2 = k_q^2 \, S_k^2 = 2{,}820$$

și rezultă $\tau_{Dq\delta} = 0{,}005$.

Deci s-a găsit:

$$S_d = 1{,}47; \qquad S_q = 3{,}59;$$
$$K_d = 1{,}22; \qquad K_q = 3{,}17;$$
$$k_d = 0{,}86; \qquad k_q = 0{,}438;$$
$$\tau_{Dd\delta} = 0{,}106; \qquad \tau_{Dq\delta} = 0{,}005.$$

Pentru calculul parametrilor amortizorului se utilizează relațiile de la calculul aproximativ, introducînd însă coeficienții mai exacți care au fost găsiți mai înainte. Se obține:

$$r_{Dd} = \frac{2{,}17\cdot 10^{-6}\cdot 5{,}77\cdot 10^{3}}{50\cdot 7{,}84\cdot 10^{-2}}\left(4\frac{45{,}5}{1{,}13} + 4\frac{36{,}7}{6{,}75}\,1{,}22\right)\frac{1}{4\cdot 1{,}47} = 0{,}102 \text{ u.r.};$$

$$r_{Dq} = \frac{2{,}17\cdot 10^{-6}\cdot 5{,}77\cdot 10^{3}}{50\cdot 7{,}84\cdot 10^{-2}}\left(4\frac{45{,}5}{1{,}13} + 4\frac{36{,}7}{6{,}75}\,3{,}17\right)\frac{1}{4\cdot 3{,}59} = 0{,}0513 \text{ u.r.};$$

$$x_{sDd} = \frac{2\pi\cdot 1{,}25\cdot 10^{-8}\cdot 5{,}77\cdot 10^{3}}{7{,}84\cdot 10^{-2}}(45{,}5\cdot 2{,}38 + 0{,}3\cdot 36{,}7\cdot 1{,}22)\frac{1}{4\cdot 1{,}47} + 0{,}106\cdot 1{,}02 = 0{,}227 \text{ u. r.},$$

unde s-a introdus:

$$x_{ad} = \frac{0{,}86}{0{,}956}\,1{,}13 = 1{,}02 \text{ u.r.};$$

$$x_{sDq} = \frac{2\pi\cdot 1{,}25\cdot 10^{-8}\cdot 5{,}77\cdot 10^{3}}{7{,}84\cdot 10^{-2}}(45{,}5\cdot 2{,}38 + 0{,}3\cdot 36{,}7\cdot 3{,}17)\frac{1}{4\cdot 3{,}59} + 0{,}005\cdot 0{,}518 = 0{,}0603 \text{ u.r.},$$

în care $x_{aq} = \frac{0{,}438}{0{,}434}\,0{,}512 = 0{,}518$ u.r.

Valorile parametrilor amortizorului, calculate ținînd seamă de neuniformitatea întrefierului și de prezența spațiilor interpolare, sînt trecute în tabela 1, în paranteze. Se constată că deosebirile dintre aceste valori și cele obținute cu formulele aproximative nu sînt prea importante, astfel că,în general, metoda aproximativă de calcul poate fi considerată, practic, satisfăcătoare, ceea ce s-a subliniat și în lucrarea [1]. De aceea, în această lucrare, pentru celelalte colivii s-a utilizat, la calculul parametrilor, metoda aproximativă care necesită un volum de calcul mult mai mic.

Calculul reactanței supratranzitorii. Reactanța supratranzitorie se va calcula cu formula:

$$x_d'' = x_1 + \frac{1}{\frac{1}{x_{ad}} + \frac{1}{x_{sf}} + \frac{1}{x_{sDd}}}.$$

În această relație aproximativă nu intervine rezistența coliviei; de aceea se va obține același rezultat, indiferent de faptul că materialul din care este executată colivia este cuprul sau alama.

S-a găsit mai înainte $x_{ad} = 1{,}13$. Cu relațiile cunoscute din [5] s-a calculat reactanța de scăpări, pe fază, a statorului $x_1 = 0{,}085$ u.r. și reactanța de scăpări, a circuitului de excitație $x_{sf} = 0{,}193$ u. r.

Se va face mai întîi calculul valorii nesaturate a reactanței x_d''. Dacă se înlocuiește x_{sDd} cu valoarea obținută prin metoda aproximativă, adică $x_{sDd} = 0{,}246$ u.r., atunci rezultă $x_d'' = 0{,}184$ u. r.

În continuare se va face calculul valorii saturate a reactanței x_d''. După lucrarea [7] se va considera cazul limită, cînd lățimea istmului crestăturii rotorului este egală cu lățimea crestăturii și se va admite $\lambda_d = 0$.

În acest caz se obține:

$$\lambda_c = 0{,}66 + \frac{h_0}{d_c} = 0{,}66 + \frac{2{,}5}{12} = 0{,}87;$$

$$\lambda_b = \lambda_c + \lambda_d = \lambda_c = 0{,}87;$$

$$x_{sDd} = \frac{2\pi\cdot 1{,}25\cdot 10^{-8}\cdot 5{,}77\cdot 10^{3}}{7{,}84\cdot 10^{-2}}(45{,}5\cdot 0{,}87 + 0{,}3\cdot 36{,}7\cdot 1{,}22)\frac{1}{4\cdot 1{,}47} + 0{,}113 = 0{,}171 \text{ u.r.}$$

rezultă $x_d'' = 0{,}169$ u.r.
Analog se efectuează calculele pentru diferitele colivii.

Valorile nesaturate ale reactanței x_d'' au fost deduse experimental prin încercarea statică, curentul din stator fiind cel nominal. Valorile saturate ale aceleiași reactanțe au fost obținute experimental prin metoda scurtcircuitului brusc [2], [3], [4]. Rezultatele obținute prin calcul și rezultatele deduse din încercările experimentale sînt indicate în tabela 2.

3. Explicarea rezultatelor obținute

S-a studiat mașina sincronă ale cărei date sînt indicate la paragraful 2. Valorile parametrilor sistemului artificial de amortizare, obținute prin calcul și valorile parametrilor sistemului rezultant de amortizare, deduse experimental, sînt trecute în tabela 1.

Valorile calculate sînt cele nesaturate. Valorile deduse experimental corespund, de asemenea, unei saturații reduse și anume cazului cînd curentul din stator, la încercarea prin metoda statică, este cel nominal.

Din compararea datelor din tabela 1 se constată că uneori există diferențe extrem de mari, de ordinul 200—300%, între parametrii calculați ai sistemului artificial de amortizare și

*Tabela 1**

n_c	Material	r_{Dd}		x_{sDd}		r_{Dq}		x_{sDq}	
		1	2	1	2	1	2	1	2
9	cupru	0,0287	0,0625	0,246	0,131	0,0132	0,0283	0,064	0,0625
9	alamă	0,114 (0,102)	0,114	0,246 (0,227)	0,156	0,0527 (0,0513)	0,0635	0,064 (0,060)	0,0650
7	alamă	0,208	0,145	0,609	0,229	0,0604	0,0614	0,080	0,0658
5	alamă	0,527	0,196	1,361	0,320	0,0704	0,069	0,112	0,100
0	—	—	0,297	—	0,547	—	7,15	—	6

Obs. Coloana 1 — valorile calculate ale parametrilor sistemului de amortizare artificial.
Coloana 2 — valorile deduse experimental ale parametrilor sistemului de amortizare rezultant.
* Valorile trecute între paranteze sînt calculate prin metoda mai exactă, ţinînd seamă de neuniformitatea întrefierului şi de prezenţa spaţiilor interpolare.

parametrii daţi şi experimental ai sistemului rezultant de amortizare.

Se constată diferenţe mari, în special, pentru parametrii indicaţi în continuare, în situaţiile specificate:

a) rezistenţa şi reactanţa longitudinală, dacă barele sînt din cupru;

b) rezistenţa şi reactanţa longitudinală, indiferent de materialul din care sînt executate barele, dacă unghiul dintre barele extreme de pe o piesă polară este mic în raport cu arcul polar.

Din secţiunile reprezentate în figura 1 reiese că fluxul longitudinal înlănţuie spirele formate din ansamblul: nituri de presare a miezului polului (poziţia *1* din fig. 1), plăci de strîngere (poziţia *2* din fig. 1) şi tole (poziţia *3* din fig. 1). De asemenea, fluxul longitudinal trece prin jugul rotorului, care în cele mai multe construcţii este masiv. Dacă fluxul longitudinal este pulsatoriu, după cum se întîmplă la funcţionarea în asincron, în spirele realizate de niturile de presare şi tole şi, de asemenea, în jugul masiv apar curenţi care pot fi destul de importanţi.

Fluxul transversal trece numai prin partea superioară a pieselor polare, care sînt realizate din tole. De aceea, dacă fluxul transversal este pulsatoriu, nu se pot produce curenţi importanţi, deoarece aceştia nu au pe unde să se închidă.

Din cele expuse rezultă că influenţa sistemului natural de amortizare asupra parametrilor transversali ai sistemului rezultant este mică, dar poate fi importantă asupra parametrilor longitudinali.

Dacă impedanţele de dispersie ale coliviei sînt relativ mici, faţă de impedanţele de dispersie ale sistemului natural de amortizare, atunci efectul acestuia din urmă este, în general, neglijabil. Dacă însă unghiul dintre barele extreme de pe piesa polară este mic, atunci din expresiile de calcul indicate în lucrarea [1] şi folosite în lucrarea de faţă rezultă că parametrii longitudinali r_{Dd} şi x_{sDd} au valori relativ mari, astfel încît pot să fie de acelaşi ordin de mărime ca parametrii sistemului natural de amortizare. Ca urmare, impedanţa longitudinală a sistemului rezultant de amortizare poate fi puternic influenţată de sistemul natural de amortizare.

Parametrii sistemului natural de amortizare depind puternic de saturaţie, deoarece acest sistem este constituit din piesele de oţel ale rotorului.

Într-o primă aproximaţie, impedanţele de dispersie ale sistemelor natural, respectiv artificial de amortizare, pot fi considerate montate în paralel, ca impedanţele corespunzătoare unei duble colivii de maşină asincronă. Calculînd impedanţa echivalentă a celor două impedanţe montate în paralel, introducînd în calcul parametrii calculaţi ai sistemului artificial de amortizare şi parametrii daţi şi experimental ai sistemului natural de amortizare, pentru gradul de saturaţie respectiv, se obţin valori apropiate de impedanţa dată experimental a sistemului rezultant de amortizare.

În tabela 2 se indică valorile saturate şi nesaturate, calculate, respectiv determinate ex-

Tabela 2

n_c	Material	x_d'' nesaturat ($la\ I = I_N$)		x_d'' saturat ($la\ U = U_N$)	
		calculat	experimental	calculat	experimental
9	cupru	0,184	0,157	0,169	0,144
9	alamă	0,184	0,166	0,169	0,150
7	alamă	0,215	0,188	0,207	0,179
5	alamă	0,232	0,220	0,226	0,197
0	—	—	0,284	—	0,200

perimental, ale reactanţei supratranzitorii longitudinale pentru aceeaşi maşină sincronă. Valorile saturate ale reactanţei supratranzitorii, calculate în situaţia limită indicată, rezultă mai mici decît cele deduse experimental, astfel încît oferă deplină siguranţă la calculul curenţilor de scurtcircuit.

4. Concluzii

1. Sistemul de amortizare a unei maşini sincrone se prezintă ca o dublă colivie formată din sistemul artificial de amortizare, care este colivia rotorică şi sistemul natural de amortizare, care este constituit din piesele de oţel ale rotorului.

2. În unele cazuri, sistemul natural de amortizare are o influenţă mare. Atunci diferenţa dintre valorile calculate ale parametrilor sistemului artificial de amortizare şi valorile deduse experimental pentru parametrii sistemului rezultant de amortizare poate fi foarte însemnată. Această situaţie există, în special, pentru următorii parametri:

a) rezistenţa şi reactanţa longitudinală, cînd barele coliviei sînt din cupru;

b) rezistenţa şi reactanţa de scăpări longitudinală, dacă unghiul dintre barele extreme de pe o piesă polară este mic în raport cu arcul polar.

Bibliografie

[1] *Nicolaide, A.* Calculul parametrilor înfăşurărilor de amortizare ale maşinilor sincrone cu poli aparenţi. În: Electrotehnica **11**, nr. 1, 1963, p. 1–10.

[2] *Kostenko, M. P.* Elektriceskie Maşini. Speţialnaia ciast. Moscova–Leningrad, Gosenergoizdat, 1949.

[3] *Jerve, G. K.* Încercările industriale ale maşinilor electrice (traducere din limba rusă). Bucureşti, Editura tehnică, 1961.

[4] *Nürnberg, W.* Ispitanie elektriceskih maşin. Moscova–Leningrad, Gosenergoizdat, 1959.

[5] *Postnikov, I. M.* Proiectarea maşinilor electrice (traducere din limba rusă). Bucureşti, Editura energetică de stat, 1953.

[6] *Nicolaide, A.* Dispersia diferenţială a coliviilor de amortizare ale maşinilor sincrone. În: Electrotehnica **9**, nr. 12, 1961, p. 419–423.

[7] *Richter, R.* Maşini electrice, vol. 4, Maşini asincrone (traducere din limba germană). Bucureşti, Editura tehnică, 1960.

Intrat în redacţie la 3.VII.1965

Probleme de proiectare şi exploatare a izolaţiei electrice în zone cu contaminare

Dănilă Mark* – **Bucureşti**

CZ 621.315.62.001.6 : 551.571

Contaminarea izolaţiei, numită de unii autori poluare sau murdărire, este o noţiune sugestivă care arată o slăbire a caracteristicilor izolante ale izolatorului, datorită unor factori externi. Cauzele apariţiei acestei „boli" rezidă în depunerea pe izolaţia în exploatare a unor impurităţi care micşorează capacitatea de izolare, prin şuntarea unei părţi a liniei de fugă a izolatorului. Dintre cauzele principale ale contaminării trebuie citate: salinitatea (depunerile de săruri marine) şi depunerile industriale, care, la rîndul lor, se pot subgrupa sub forme diferite în funcţie de agentul contaminator. Astfel, pot exista emanaţii ale unor procese din industria chimică, dintre care clorul, radicalii de azot sau de carbon (în combinaţie cu vaporii de apă din atmosferă dau electroliţi, săruri sau baze bune conducătoare) sînt din cele mai periculoase. De asemenea, în industria metalurgică, cuptoarele înalte, oţelăriile, convertizoarele dau în atmosferă oxizi de fier şi alte combinaţii (sulf, carbon etc.), care contaminează izolaţia.

Industria materialelor de construcţii este şi ea o sursă de contaminare, în special prin fabricile de ciment, care au scăpări de praf de ciment. Acesta, combinat cu apa, de cele mai multe ori îmbracă aproape complet izolatoarele, slăbind foarte mult calităţile izolatorului. Şi alte industrii şi în general orice întreprindere care are un coş prin care emană fum sau alte gaze este o sursă de contaminare a izolaţiei [2], [11]. De foarte multe ori aprecierea asupra sursei de contaminare a izolaţiei se face pornind direct de la normele sanitare care apreciază gradul de infestare a aerului cu nocivităţi din punctul de vedere al sănătăţii populaţiei [1].

În afara acestor cauze se întîlnesc şi unele mai puţin răspîndite, cu caracter local, cum ar fi murdărirea izolaţiei de către păsări. Se constată, fără a exista o explicaţie teoretică, că păsărilor le place să se aşeze pe stîlpii liniilor electrice de înaltă tensiune, totdeauna în zona intensităţii maxime de cîmp, deasupra conductoarelor, murdărind izolatoarele.

*) Ing. *D. Mark* este şef de atelier la I.S.P.E.

Contaminarea izolației constituie o problemă în țările cu o dezvoltare și concentrare industrială puternică. În ultimii ani și la noi în țară, în cadrul exploatării instalațiilor energetice, au început să apară probleme dificile legate de contaminarea izolației. Aceasta este o dovadă a dezvoltării industriale a țării și în special a industriei grele (siderurgice, chimice și energetice).

Soluțiile privind evitarea rezultatelor contaminării izolației îmbracă două aspecte principale :

— proiectarea și alegerea izolației corespunzătoare mediului în care va lucra instalația respectivă și

— măsurile luate în exploatare pentru curățarea izolației contaminate.

Primul aspect trebuie avut în vedere în faza de proiectare a instalațiilor energetice, ținînd seamă de sursele de contaminare posibile, înțelegînd prin aceasta și cele existente în momentul respectiv și cele cunoscute în perspectivă. De multe ori, cunoscînd aceste date, soluția energetică poate fi radicală în sensul amplasării obiectivului respectiv în altă zonă, sau realizării unor instalații sub acoperiș (interioare), care să asigure evitarea contaminării izolației [1], [37], [36].

Pentru zonele contaminate se elaborează izolatoare speciale. Elaborarea acestor izolatoare se face pe baza unei experiențe îndelungate de exploatare a izolatoarelor, însă întrucît durata de contaminare poate fi foarte îndelungată, în ultimul timp, pe scară internațională, se elaborează metode de încercări cu contaminare artificială în laborator și verificarea comportării în mediul de contaminare [4], [6], [8], [9], [10].

În ceea ce privește al doilea aspect, acesta apare ca necesar, datorită în special dezvoltării industriale ulterioare și punerii în funcțiune a unor instalații energetice cu izolație normală.

Apariția în jurul instalațiilor energetice a unor industrii cu emanații care contaminează izolația este un fenomen normal, dar de multe ori în asemenea situații abia după punerea în funcțiune a obiectivului industrial se constată rezultatele contaminării. În asemenea situații, de obiceiu din punct de vedere economic nu se justifică schimbarea izolației instalației energetice, ci se procedează la exploatarea ei cu măsuri suplimentare. Aceste măsuri se rezumă la următoarele :

— spălarea izolatoarelor cu instalația sub tensiune sau fără tensiune ;

— acoperirea izolației cu straturi protectoare de unsori, dintre care în primul rînd unsori cu siliconi sau pe bază de hidrocarburi [3], [14]—[17], [21]—[25], [35], [38].

Din anul 1878, cînd Johnson și Philipps au patentat pentru prima oară în lume (în Anglia) un izolator pentru zone cu contaminare numit „antideposito", constructorii de izolatoare au încercat diverse forme adecvate zonelor cu depuneri.

Formele izolatoarelor pentru zone cu depuneri trebuie să corespundă la două cerințe :

— să-și mențină capacitatea de izolare chiar și în cazul unor depuneri intense pe suprafața izolatorului și

— să aibă o formă care să permită o cît mai bună curățare naturală a izolatorului (sub ploaie).

În afara acestor cerințe principale există construcții de izolatoare care răspund unei dorințe a exploatării privind prevenirea depunerilor pe izolator. Aceste construcții se bazează pe glazura semiconductoare. O glazură semiconductoare mărește curenții de fugă pe linie și în consecință se produce o încălzire superficială a izolatorului. Această încălzire este suficientă pentru a da naștere unui curent de aer ascendent permanent în jurul izolatorului și în consecință să împiedice depunerea murdăriei pe suprafața acestuia. Izolatoare de acest tip au fost introduse în exploatare în Anglia, în zonele cu depuneri saline și ceață intensă, cu rezultate satisfăcătoare [38].

Izolatoare asemănătoare s-au utilizat și în alte părți, de exemplu, U.R.S.S., dar în general nu au obținut o răspîndire largă, datorită atît costului glazurii, cît și măririi pierderilor pe linie, prin creșterea curenților de fugă (de altfel trebuie remarcat că izolatoarele transformatoarelor, care datorită funcționării acestuia sînt permanent în curent de aer ascendent, au cele mai puține conturnări datorită contaminării).

Experiența de exploatare a stabilit ca element esențial în aprecierea calităților unui izolator pentru diverse zone lungimea liniei de fugă, respectiv raportul dintre lungimea liniei de fugă a izolatorului, exprimată în centimetri și tensiunea maximă de serviciu a instalației, exprimată în kilovolți. Acesta este astăzi criteriul principal normat, pe baza căruia se aleg izolatoarele [1], [2], [4], [12]—[14].

În diverse zone, pe baza acestui criteriu se aleg izolatoarele corespunzătoare.

Astfel în R.F.G., în zona renano-vestfală, s-au stabilit patru clase de izolare după cum urmează :

Clasa întîi cu 1,8 cm/kV pentru zone cu atmosferă neimpurificată, clasa a doua cu 2,4 cm/kV, clasa a treia cu 2,9 cm/kV și clasa a patra cu 4,1 cm/kV. Clasa a doua și a treia corespund anumitor zone de depuneri mai intensive, iar clasa a patra, zonelor cu depuneri excesive. În Suedia, în special datorită depunerilor saline, s-au stabilit trei clase de izolare, în funcție de intensitatea depunerilor :

— clasa întîi cu 1,6 cm/kV, clasa a doua cu 2,3 cm/kV și clasa a treia cu 3 cm/kV [2], [15], [20], [26].

În U.R.S.S., în funcție de poziția obiectivului energetic față de sursa de contaminare, s-au stabilit în 1964 următoarele distanțe minime de protecție, care sînt arătate în tabela 1.

Tabela 1

Distanțele de izolație pentru zone contaminate, după normele sovietice

Tipul industriei	Clasa și distanța după normele sanitare, m		Distanța minimă de la obiectivul energetic cu izolație normală la obiectivul industrial, m
Industria chimică	I	1 000	1 500
	II	500	800
	III	300	500
	IV	100	150
	V	500	100
Industria metalurgică	I	1 000	1 500
	II	500	700
	III	300	300
	IV	100	100
	V	50	50
Extracții miniere	I	1 000	1 000
	II	500	500
	III	300	300
	VI 1–2	100	150
	IV-3	100	100
Industria materialelor de construcție	I	1 000	1 500
	II	500	800
	III-1	300	500
	III 2–4	300	300
	IV-1-5, 7,8	100	200
	IV 6,9°	100	100
	V	50	50
Industria textilă	II	500	750
	III	300	300

Clasificarea izolației s-a stabilit în funcție de contaminare în patru categorii (tab. 2) [1].

Instalarea stațiilor pînă la tensiunea de 330 kV se admite numai în afara zonei de contaminare III. Instalarea stațiilor cu tensiuni peste 330 kV se admite numai în afara zonei II. În cazul necesității amplasării stațiilor în zona III, acestea trebuie să fie de tip interior.

Este obligatorie prevederea alimentării cu apă a stațiilor din zona II de contaminare în vederea spălării izolației.

În Anglia, pe liniile electrice aeriene, izolația adoptată are următoarele caracteristici:

— la liniile de 132 kV, 3,08 cm/kV;

— la liniile de 275 kV, 2,76 cm/kV;

— la liniile de 275 kV construite cu gabarit pentru 400 kV, 2,49 cm/kV;

— la liniile de 400 kV, 3,18 cm/kV [38].

În Franța, fără să existe alte precizări, linia minimă de fugă este de 1,6 cm/kV [28].

În zonele marine și în special expuse, cum este coasta Japoniei în jurul orașului Tokio, s-a presupus că depunerile în timpul unui taifun nu vor depăși pe liniile de 275 kV 0,1 mg/cm². În urma construirii stației de la centrala Chiba s-a constatat că depunerile au fost de 0,3 mg/cm², iar instalațiile de spălare sub tensiune nu au putut elimina conturnările. Pe baza acestei experiențe, a doua centrală importantă a rețelei din jurul orașului Tokio (Yokosuka) s-a realizat cu stații de transformare de tip interior. În funcție de distanța de mal a liniilor de 275 kV, pe un coridor de 70 km de la ocean spre interiorul insulei, s-au stabilit patru tipuri de lanțuri de izolatoare pentru linii de 275 kV, și anume cu 25, 22, 19, respectiv 17 elemente normale în lanț. Cu toate acestea, pe baza experienței exploatării zonei locale, pentru linia Tokio Sud-Yokosuka, s-au montat 30 elemente în lanț datorită contaminării excesive [37].

Experiența analogă de exploatare a rețelelor de 220 kV de pe coasta Mării Mediterane a Spaniei a condus pe constructorii liniei de 400 kV din Spania (Escombreras-Tarrente) să adopte pe anumite zone, 30 elemente în lanțurile de izolatoare, față de 20 elemente în restul liniei [36]. Din aceste cifre se poate trage concluzia că stabilirea lungimii liniei de fugă este o problemă de experiență îndelungată de exploatare în zone specifice, o rețetă general valabilă fiind greu de stabilit. Un fapt este cert. Lungimea liniei de fugă are mare importanță în comportarea la contaminare a izolatoarelor.

Din cele expuse rezultă importanța formei constructive a izolatoarelor.

Condițiile impuse izolatoarelor în zone cu contaminare determină forma lor constructivă. Una dintre cerințele majore este autocurățarea acestora la vînt și ploaie și lipsa zonelor mari unde ar fi posibilă depunerea intensă a impurităților. Experiența a dovedit că izolatoarele cu suprafețe mai mari, expuse ploii, se comportă mai bine decît cele cu zone mari sub aripi (sub fuste). În Anglia, de exemplu, așa-numitele izolatoare de ceață, tip capă, sînt construite în așa fel încît linia de fugă pe porțiunea protejată de sub aripi reprezintă 50% din lungimea totală. Determinarea porțiunii protejate se face prin măsurarea porțiunii de izolator care rămîne în umbră dacă izolatorul este luminat cu o rază de lumină perpendiculară axei izolatorului. În construcție trebuie să se aplice principiul ruperii multiple, aplicat în construcția întreruptoarelor de înaltă tensiune. Multe intervale scurte conduc la descărcări parțiale cu curenți mici, care nu trec în conturnare, cîtă vreme în cazul intervalelor mai lungi se obțin descărcări parțiale mai puternice, care favorizează trecerea în conturnare totală a izolatorului [5], [8], [14], [31], [27]. În același timp repartiția cît mai uniformă a cîmpului pe izolator trebuie urmărită cu cea mai mare atenție.

Tabela 2

Clasificarea izolaţiei pentru zone contaminate, după normele sovietice

Gradul de contaminare	Descrierea zonei de amplasare a obiectivului energetic	Categoria izolaţiei în funcţie de lungimea liniei de fugă	Raportul dintre lungimea liniei de fugă şi tensiunea maximă de serviciu, cm/kV	
			sistem cu neutrul legat efectiv la pămînt	sistem cu neutrul izolat
0	zone foarte curate fără depuneri industriale şi salinitate (de exemplu sate)	0 execuţie uşoară numai pentru linii	1,2	1,2
I	localităţi şi zone industriale fără salinitate situate în afara distanţei minime de protecţie	A execuţie normală după GOST 9920—61 pentru linii şi staţii exterioare	1,3 (linii) 1,5 (staţii)	1,7 1,7
II	idem ca la I însă între 0,5 şi 1 din distanţa minimă de protecţie	B izolaţie întărită după GOST 9920 — 61 şi pentru linii şi pentru staţii	2,25	2,6
III	la fel ca la I însă situat la mai puţin de 0,5 din distanţa minimă de protecţie	C izolaţie întărită cu două clase, nestandardizată pentru linii. Pentru staţii nu se admite amplasarea în zonă	3,0	3,5

Aceste considerente au condus, în special, în R.F.G. şi R.D.G. la dezvoltarea izolatoarelor de tip „Langstab" pentru regiuni contaminate. Faţă de izolatorul normal „Langstab", care are 14 renuri (fuste), izolatorul care a fost realizat şi prezentat cu mare succes în practică „Nebellangstab" (adică pentru ceaţă), are 27 renuri [7], [8], [11], [27]. Acest tip de izolator s-a prezentat în exploatare ca satisfăcător, însă pentru regiuni cu depuneri excesive nici acesta nu s-a dovedit suficient. Cercetările efectuate pe acelaşi tip de izolator au condus la izolatorul de tip „Langstab" pentru zone cu contaminare excesivă, numit „Schmutzlangstabizolator", care, faţă de Langstabul cu 27 renuri, are renurile ceva mai înclinate, mai separate şi în special cu suprafaţa mai mare.

Paralel cu cercetările întreprinse în Germania, în Franţa s-au cercetat izolatoare care realizează o suprafaţă foarte favorabilă pentru autospălare, menţinînd avantajele izolatoarelor Langstab. Aceste izolatoare denumite „Spirelec" nu mai au obişnuitele fuste care se succed în plan orizontal, ci renuri distribuite în formă de spirală pe lungimea izolatorului. Aceste, renuri, ca nişte filete cu mai multe începuturi, favorizează foarte mult autospălarea. Firma producătoare consideră ca extrem de reuşit noul tip constructiv. Întrucît pentru aceste tipuri nu există încă o experienţă vastă de exploatare, trebuie avute în vedere în special concluziile experienţelor de laborator [28]—[30]. Cercetări amănunţite au arătat că factorii sub acţiunea cărora se depun pe izolatoare părticele de praf, sînt cei care acţionează asupra acestora în imediata apropiere a izolatorului (forţa gravitaţiei, presiunea vîntului şi cîmpul electric). Pe de altă parte, menţinerea lor pe izolator depinde foarte mult de natura şi forma suprafeţei [31], [33], [34].

Factorul principal al depunerii este considerat vîntul, deci din punctul de vedere al alegerii formei izolatorului caracteristicile aerodinamice ale acestuia joacă un rol important.

Cercetări întreprinse în laborator au dovedit că în cazul contaminării izolatoarelor, gradul de uniformitate a depunerii are o importanţă mai mică, conturnările producîndu-se în aceleaşi limite dacă gradul de depuneri mediu este acelaşi. În U.R.S.S. s-au cercetat în laborator, în condiţii similare, diverse tipuri de izolatoare în ciclul :

— determinarea caracteristicilor la conturnare a izolatoarelor cu contaminare uniformă (la frecvenţa industrială) ;

— spălarea izolatoarelor în condiţii similare celor naturale ;

— determinarea caracteristicilor la conturnare pe baza aceleiaşi metode ca la prima încercare după spălare.

S-au comparat următoarele tipuri de izolatoare : PM-4,5 ; SP-35 ; Armseti de tip spiralat cu lungime constructivă de acelaşi ordin cu SP-35. (Izolatorul PM-4,5 este asemănător tipului românesc IC-4, avînd diametrul de 270 mm şi înălţimea de 140 mm, SP-35 este un izolator coloană de tip „Langstab" pentru 35 kV cu diametrul maxim de 130 mm şi diametrul minim de 70 mm cu 6 renuri distanţate la 50 mm. Lungimea izolatorului este de 340 mm, iar împreună cu armăturile, de 508 mm. Izolatorul Armseti folosit în special la căi ferate are diametrul maxim de 120 mm, cel minim 65 mm, pasul spiralei 50 mm, lungimea izolatorului 340 mm, iar cu armături 548 mm).

Contaminarea izolatoarelor s-a efectuat cu ciment, sol din pădure (din zona Taşkent) şi praf de pămînt sărat (din zona Amu Daria) cu procent mare de săruri dizolvabile. Spălarea s-a făcut sub formă de ceaţă, ploaie măruntă, (2—3 mm/h) şi ploaie abundentă de vară (3 mm/min).

Rezultatele încercărilor au dovedit că spălarea naturală a izolatoarelor are o mare influenţă asupra tensiunii de conturnare, datorită nu numai curăţării de depuneri, ci şi dizolvării compuşilor buni conducători, dar în funcţie de tipul ploii, comportarea izolatoarelor este diferită. Spălarea cea mai bună se produce la ploaie intensă, în care caz izolatorul cu renuri în spirală se spală cel mai bine. În cazul ploii mărunte, condiţiile de spălare sînt cele mai slabe şi nu se constată o diferenţă între tipurile SP-35 şi Armseti spiral. La ceaţă, comportarea cea mai bună o au izolatoarele PM-4,5. În funcţie de depuneri, cele cu săruri dizolvabile sînt mai puţin periculoase decît cele care aderă bine de suprafaţa izolatoarelor [34].

Concluziile care se pot desprinde sînt importante în alegerea formei constructive a izolatorului şi în alegerea izolatoarelor corespunzător zonei în care se situează obiectivul respectiv. În ceea ce priveşte forma constructivă a izolatoarelor nu trebuie să se adopte în mod mecanic un tip care s-a dovedit bun în anumite condiţii, ci trebuie să se urmărească tipul contaminării din zonă, cantităţile care se depun în timp, caracterul ploilor şi vînturilor dominante. În zonele unde depunerile sînt intense, iar ploile sînt rare sau de mică intensitate, tipul de izolator cu renuri în spirală nu va da rezultatele scontate, atît timp cît în regiunile cu ploi intensive se dovedeşte a fi foarte eficace.

Pentru a putea aprecia cantitativ intensitatea depunerilor care contaminează izolaţia este suficient să indicăm că în zonele industriale foarte contaminate aerul poate conţine circa 1 mg de impurităţi în suspensie pe metru cub, iar depunerile pe kilometru pătrat timp de un an pot atinge 300 t. Bineînţeles, cantitatea ce se depune pe izolatoare nu este direct proporţională cu această cantitate, datorită (aşa cum s-a arătat) vîntului şi ploilor. În perioada de secetă, de circa o lună, cantitatea depusă pe izolatoare nu depăşeşte 2—3 mg/cm^2. Această cantitate nu este depusă uniform, datorită intensităţii diferite a cîmpului electric de-a lungul izolatoarelor.

Pentru aprecieri calitative ale izolatoarelor în mediu de contaminare, singurul criteriu obiectiv utilizabil practic în prezent este încercarea la contaminare artificială. Similar încercărilor efectuate în U.R.S.S. s-au efectuat încercări şi în alte ţări (Franţa, R.D.G., R.F.G., R.P.P., R.S.C., Izrael etc.) [6], [18]—[20], [29], [30], [33], [40], [41]. Fiecare din aceste încercări au ca puncte principale materia primă cu care se contaminează izolaţia, modul de aplicare a acesteia, ploaia artificială (intensitatea şi compoziţia apei) şi instalaţiile de măsură a caracteristicilor electrice înainte şi după contaminare.

Discuţii în legătură cu găsirea unei metode acceptabile care să îndeplinească anumite condiţii se duc în foruri internaţionale importante, cum sînt C.E.I. şi C.I.G.R.É. [40], [41].

Condiţiile principale la care trebuie să răspundă încercările pentru a putea fi larg aplicate sînt următoarele :

— să fie cît mai apropiate de condiţiile de contaminare naturale ale izolatoarelor ;
— să fie uşor reproductibile ;
— rezultatele să nu aibă o dispersie prea mare ;
— măsurările să se poată efectua rapid ;
— aparatajul necesar să fie cît mai simplu ;
— costul încercărilor să fie cît mai scăzut.

Încercările trebuie să permită atît cercetări de tipuri de izolatoare consacrate, pentru a putea aprecia comportarea acestora într-un anumit mediu de contaminare, cît şi pentru a putea proiecta noi izolatoare adecvate în anumite medii [2], [11]. Dar aşa cum s-a arătat la început, exploatarea instalaţiilor energetice existente o dată cu dezvoltarea industrială a trebuit să ia măsuri împotriva contaminării izolaţiei existente.

Procedeul cel mai simplu şi poate şi cel mai eficient este spălarea periodică a instalaţiei contaminate. Spălarea cea mai eficientă este cea fără tensiune, deoarece în acest caz izolatorul este direct accesibil de către personalul de exploatare şi poate fi curăţat nu numai cu apă, ci şi cu diverşi solvenţi care îndepărtează depunerile ce nu se dizolvă în apă. Astfel spălarea cu spirt cu benzină sau diferiţi solvenţi ca „Decol", „Osbot", „Solvomit", „Ata", „Lodalin", „Tetraclorid", Izopropilalcool şi altele puse în circulaţie de firme producătoare asigură restabilirea caracteristicilor izolante ale instalaţiei [2], [3], [21]—[25]. Acest procedeu însă presupune fie posibilitatea alimentării consumatorilor de la alte surse în timpul curăţării, fie scheme suficient de elastice care să permită scoaterea periodică a părţii din instalaţie de sub tensiune. Procedeul se poate aplica şi la staţii şi la linii, dar este destul de incomod pentru exploatare.

Un procedeu folosit mai rar din cauze economice şi datorită dificultăţilor în realizare este întărirea izolaţiei. Dacă pentru linii acest mod de abordare poate fi totuşi un remediu, ţinînd seamă de faptul că prin mărirea izolaţiei se obţine o linie de fugă mai lungă, care poate fi suficientă pentru evitarea conturnărilor în perioadele dintre ploi, cînd se produce autospălarea, pentru staţii, fiind vorba de întărirea izolaţiei echipamentului de bază, problema este mai dificilă. Cu toate acestea se cunosc instalaţii

în care s-a mărit în stații izolația separatoarelor, întreruptoarelor și barelor colectoare în așa fel încît să se elimine conturnările. Acest procedeu trebuie în orice caz să se aplice numai dacă alte procedee nu au dat rezultate satisfăcătoare.

Procedeul care cîștigă teren, în special sub forma instalațiilor fixe, deși se utilizează și sub forma unor instalații mobile, este spălarea sub tensiune. Cauzele unei răspîndiri mai lente a procedeului rezidă în special în pericolul pe care-l prezintă pentru personalul de exploatare curățarea sub tensiune și posibilitatea conturnării izolației în timpul spălării [21]—[25]. Dacă se udă printr-un jet de apă un izolator sub tensiune, prin jetul de apă vor trece curenții de fugă [35]. Dacă furtunul este pus la pămînt prin intermediul omului care manevrează instalația, întreg curentul de fugă trece prin corpul omului. Pentru evitarea acestui pericol se intercalează obligatoriu, între porțiunea de manipulare și capătul furtunului, un element metalic legat la pămînt. Dacă această legătură se deteriorează, curentul maxim de 50 Hz, care mai este admis să treacă prin corpul omului, este de 2 mA. Curenții de fugă s-au măsurat și în trecut; însă este interesant, pe de o parte, să se determine distanțele minime admisibile de la elementul sub tensiune la furtun, iar pe de altă parte influența rezistivității apei asupra acestei distanțe. În R.F.G. recent s-au efectuat experimentări pe instalații în funcțiune și în laborator din care s-au putut deduce condițiile impuse pentru spălarea sub tensiune a izolației la tensiunea de 110 kV (123 kV tensiune maximă pe fază) rețea cu neutrul izolat, 220 kV (142 kV pe fază) și 380 kV (242 kV pe fază).

Curentul de fugă este sinusoidal numai în cazul cînd jetul e continuu pe izolator. Dacă furtunul este mai departe, jetul de apă se desparte în mai multe jeturi paralele și curentul de fugă este intermitent. Dacă distanța crește și mai mult, jeturile se împrăștie sub formă de picături și curentul devine capacitiv, de valoare foarte mică, peste care, din cînd în cînd, se suprapun impulsuri. Așa de exemplu, mărind distanța de la 2 la 4 m la tensiunea de 100 kV și o conductibilitate a apei de 120 microsiemens/cm, curentul scade de la 38 la 1,8 mA. Mărirea diametrului capului furtunului (duzei) mărește conductibilitatea jetului și deci și curentul de fugă, dar nu există o proporționalitate directă între ele. Astfel la o mărire a secțiunii de 2—3 ori în medie curentul crește de 3—4 ori. Pornind de la curentul de fugă maxim de 2 mA s-a determinat distanța minimă între furtun și izolator pentru 110, 220 și 380 kV la diverse rezistivități ale apei [35].

În timpul spălării izolatoarelor nu este admisă conturnarea acestora. Pentru determinarea regimului optim de spălare s-au făcut încercări în rețeau de 110 și 220 kV pe izolatoare suport și transformatoare de curent. Pentru experiențe s-a folosit apă cu o conductivitate de 700 μS/cm, care este apropiată de valorile superioare ale apei curente. Dacă diametrul izolatorului nu depășește 30 cm, atunci spălarea cu un singur jet este satisfăcătoare. Creșterea debitului de apă nu îmbunătățește condițiile de spălare însă duce la pierdere inutilă de apă. În cazul spălării cu două jeturi, dacă jeturile sînt la aceeași înălțime, se obține o spălare satisfăcătoare, dar cu pierderi mari de apă. Dacă se îndreaptă jetul în două puncte, la înălțimi diferite, de cele mai multe ori se ajunge la conturnarea izolatorului.

Tabela 3

Conductibilitatea apei, μS/cm	Distanța minimă între duza furtunului și izolator, în m, pentru tensiuni în kV		
	110	220	380
pînă la 100	4,0	4,0	5,5
pînă la 250	4,5	4,5	6,0
pînă la 500	5,0	5,0	6,5
pînă la 700	5,5	5,5	7,0

Cele trei procedee enumerate pînă acum prezintă atît inconveniente economice, cît mai cu seamă de exploatare. Din această cauză s-au căutat alte procedee de combatere a contaminării izolației.

În ultimii ani se folosesc cu succes în exploatare diverse unsori cu care se unge suprafața izolatoarelor [16]—[18], [36], [38]. Dintre acestea cele mai eficiente s-au dovedit a fi unsorile cu siliconi, care au proprietatea deosebită de a „înghiți" (în genul amoebei proteus) depunerile de murdărie de pe izolator. Unsorile de siliconi sînt în același timp și puternic hidrofobe, nepermițînd formarea de straturi de apă pe suprafața izolatorului.

Ungerea izolației este o operație care necesită multă manoperă, ca și spălarea izolației, însă avantajul obținut rezidă în rezistența stratului de unsoare la intemperii, menținîndu-și proprietățile aproape neschimbate un an și chiar mai mult.

În felul acesta izolația unsă fie sub tensiune, prin instalații mobile de pulverizare, fie fără tensiune (manual) rezistă contaminării un timp mult mai îndelungat decît în cazul spălării, și prezintă marele avantaj, în cazul contaminărilor cu depuneri aderente de tipul cimentului, că îndepărtarea acestuia de pe suprafața izolatorului se face fără greutate prin simpla ștergere a unsorii, împreună cu depunerile care s-au înglobat în ea în timpul exploatării.

Unii autori atribuie unsorilor pe bază de siliconi rezultate remarcabile în exploatare. Așa de exemplu, în R.P.U. experiența cu aceste unsori a dus la îmbunătățirea substanțială a exploatării unei centrale în jurul căreia s-a amplasat ulterior o întreprindere a industriei

chimice, care a contaminat izolația stațiilor exterioare și a liniilor de racord, provocînd sute de avarii.

De asemenea, experiența din Anglia și S.U.A. este satisfăcătoare.

Cu toate acestea nu se poate afirma că prin ungere cu unsori se pot evita toate efectele contaminării izolației, și cu siguranță că tehnica va mai găsi multe alte procedee care în anumite condiții de contaminare vor asigura o exploatare satisfăcătoare a instalațiilor.

Soluțiile privind evitarea și combaterea contaminării izolației în instalații electrice rămîn o problemă actuală, atît pentru constructorii de aparataj, proiectanții de instalații energetice, cît și pentru personalul de exploatare.

Bibliografie

[1] * * * O normativah po proiectirovania vneșnei izolații otcrîtîh raspredelitelnîh ustroistv i linii electroperedaci 3—500 kV peremennovo toka v raionah s promîșlennîm zagrazneniam. În: El. Stanții **35**, nr. 11, nov 1964, p. 85—86.

[2] *Revery, G.* Das Isolationsproblem in Fremdschichtgebieten. În: Deutsche Elektrotechnik **12**, nr. 2, febr 1958, p. 38—45.

[3] *Roggendorf, A.* Reinigung von Hochspannungsanlagen unter Spannung mit fest eingebauten Berieselungsanlangen. În: Elektrizitätswirtschaft **50**, nr. 1, ian 1951, p. 31—36.

[4] *Cron, H.* Raport nr. 20 CIGRÉ, 1956.

[5] *Revery, G.* Der Fremdschichtüberschlag an Isolatoren bei Betriebsspannung. În: ETZ-A **76**, nr. 1, ian 1955, p. 36—42.

[6] *Werner, H.* Untersuchungen und Betriebserfahrungen in einem fremdschichtgefährdeten 110 kV Netz. În: Deutsche Elektrotehnik **12**, nr. 2, febr 1958, p. 46—51.

[7] *Estorff, W.* Nebelisolatoren für Freiluftschaltanlagen. În: ETZ **61**, nr. 28, 1940, p. 645.

[8] *Estorff, W.* și *Cron, H.* Der Hochspannungsisolator als Fremdschichtproblem. În: ETZ-A **73**, nr. 3, febr 1952, p. 57—62.

[9] *Cron, H.* Der Fremdschichtüberschlag. În: Siemens-Zeitschrift **29**, nr. 10, 1955, p. 427—434.

[10] *Cron, H.* și *Gericke, I.* Das Messchalenverfahren als Ortstest für die voraussichliche Isolationsminderung in Freiluft-Hochspannungs anlangen. În: ETZ-A **77**, nr. 22, nov 1956, p. 817—823.

[11] *Glager* și *Vogelsang.* Freiluftisolation in Verschuntzungsgebieten. În: ETZ-A **78**, nr. 7, apr 1957, p. 252—257.

[12] *Frischmann, W.* Fremdschichtüberschlag und Fusspunktwanderung. În: Deutsche Elektrotechnik **11**, nr. 7, iul 1957, p. 290—295.

[13] *Frischmann, W.* Der Einfluss von Höhe und Wirkdauer der Spannung auf den Fremdschichtüberschlag. În: Deutsche Elektrotechnuik **12**, nr. 2, febr 1958, p. 52—55.

[14] *Cron, H.* Bemerkenswerte Beobachtungen und Erfahrungen zum Verhalten fremdschichtbehafteter Isolatoren. În: Elektrizitätswirtischaft **57**, nr. 24, dec 1958, p. 795—802.

[15] *Cron, H.* și *Dorsch, H.* Raport nr. 402 CIGRÉ, 1958.

[16] *Conner, I. E.* și *Lantz, A. D.* The insulator contamination problem as influenced by Silicone surface coatings. În: El. Engineering, 1958, p. 297.

[17] *Harris, H. R.* Silicone coatings cut insulator leakage. În: El. Light and Power, **15** mart 1956, p. 65.

[18] *Revery, G.* Hochspannungsisolatoren unter Fremdschichteinfluss. În: Elektrizitätswirtschaft **58**, nr. 2, ian 1959, p. 41—47, partea I și în nr. 3, febr 1959, p. 90—96, partea a 2-a.

[19] *Baatz, H.* Die Entwicklung der Isolationsbemessung. În: ETZ-A **78**, nr. 7, 1957, p. 553—557.

[20] *Cron, H., Estorrf, W.* și *Läpple, H.* Raport nr. 218 CIGRÉ, 1954.

[21] *Dummann, H.* Die Isolatoren-Abspritzanlage des 110 kV Umspannwerkes in Töking, am Inn. În: ETZ-B **17**, nr. 4, febr 1965, p. 73—77.

[22] *Estorff, W.* și *Weber, W.* Abspritzen von Hochspannungsisolatoren im Betrieb. În: ETZ **61**, 1940, p. 817—822.

[23] *Roggendorf, A.* Reiningung von Hocshpannungsanlagen unter Spannung. În: ETZ **61**, 1940, p. 823—827.

[24] *Baatz, H.* Auspritzen von Hochspannungsleitungen mit Feuerlöschrohren. În: ETZ-B **14**, nr. 10, mai 1960, p. 333—337.

[25] *Hesselbrock, H.* Reinigen von Isolatoren unter Spannung mit beweglichen Abspritzgeräten. În: ETZ-B **14**, nr. 19, oct 1960, p. 605—607.

[26] *Revery, G.* și *Stolte, E.* Raport nr. 210 CIGRÉ, 1960.

[27] *Neunteufel, A.* Hydrophobe Isolatoren. În: ETZ-B **9**, nr. 16, aug 1957, p. 491—492.

[28] *Levy, M. G.* Problèmes posés par la pollution des isolateurs et remèdes mis en oeuvre. În: Bull. Soc. Fr. des El. 7, tom. **VIII**, nr. 92, aug 1958, p. 512—517.

[29] *Josse, M. H.* Essais des isolateurs sous pollution et humidification. În: Bull. Soc. Fr. 1 des El. 7, tom. **VIII**, nr. 92, aug 1958, p. 517—525.

[30] *Gion, M. L.* Méthode d'essai pour l'étude comparative du comportement des divers types d'isolateurs soumis à la pollution atmospherique. În: Bull. Soc. Fr. des El. 7, tom. **VIII**, nr. 92, aug 1958, p. 525—635.

[31] *Korbut, E. V.* și *Merhalev, S. D.* Vliianie ocistki izolatorov atmosfernoi vlagoi na ih razriadnîe harakteristiki. În: El. Stanții **35**, nr. 8, aug 1964, p. 58—63.

[32] *Sokolov, S. G.* O proiectirovania vîsokoltnîh izolatorov dlia raionov s povîșennîm zagriazneniem. În: El. Stanții **33**, nr 7, iul 1962.

[33] *Kojurov, V. K.* și *Lebedev, G. A.* Voprosî ispîtania izolatorov prednaznacennîh dlia rabotî v usloviah zagriaznenia. În: Informationno-tehniceskii sbornik, vol. **5**, 134 T B elektropromîșlennosti, 1958.

[34] *Korbut, E. V., Merhalev, S. O.* și *Stankevici, G. S.* Laboratornîe issledovannia razriadnîh harakteristik zagraznenoi izolații. În: Izvestia NIIPT, vol. **9**, 1962.

[35] *Streubel, H.* Die Reinigung von Isolatoren der Reihespannungen 110 bis 380 kV durch Abspritzen unter Spannung. În: Elektrie (Elektrofertigung) **18**, nr. 10 1964, p. 76—80.

[36] *De Pinedo, I., Fernandez, I.* și *Lafuente, M.* Le réseau de 400 kV de la Hidroelectrica Espanole, conception et developement intiaux. Rap, nr. 421 CIGRÉ, 1964.

[37] *Tanaka, N.* Etude et exploitation du réseau de transport THT autour de la region metropolitaine de Tokyo. Rap. nr. 408 CIGRÉ, 1962.

[38] *Casson, W.* și *Howard, P. R.* Tenue de l'isolation exterieure des réseaux de transport en Angleterre et au Pays de Galles au cours de l'hiver 1962—1963. Rap. 420 CIGRÉ, 1964, p. 14—1.8

[39] *Schmidt, O. H.* Ein neuer Schmutz-Langstabisolator. În: Die Technik **9**, nr. 2, febr 1954, p. 77—80.

[40] *Kopolovici.* Raport nr. 212 CIGRÉ, 1964.

[41] *Baatz, H.* Raport nr. 211 CIGRÉ, 1964.

Intrat în redacție la 15.VI.1965

Tipuri noi de sisteme de reglaj, comutatoare și scheme de conexiuni folosite la transformatoarele de putere

Costin Rădulescu, Constantin Treschin* – Craiova și **Ilie Năzdrăvan**** – București

CZ 621.316.543.001.57 : 621.314.214

1. Generalități

Cerințele tot mai mari ale sistemului energetic în ceea ce privește transformatoarele prevăzute cu mai multe rapoarte de transformare, respectiv cu mai multe tensiuni pe de o parte, și continua perfecționare constructivă pe linia executării de transformatoare de bună calitate și economice, pe de altă parte, au făcut ca în ultimul timp să apară o serie de noutăți interesante sub aspectul sistemelor de reglaj, schemelor, comutatoarelor și conexiunilor folosite în construcția de transformatoare.

În acest articol se expun unele dintre elementele noi amintite mai sus, în scopul cunoașterii lor într-un cerc mai larg și a eventualei folosiri acolo unde se va considera necesar. Marea majoritate a acestor elemente, dintre care unele originale și brevetate au fost experimentate cu succes în cadrul Uzinelor „Electroputere" — Craiova, unde de altfel, au fost introduse în fabricație pe scară largă.

2. Comutator trifazat pentru reglajul tensiunii pe nul fără sarcină la transformatoarele de putere

În legătură cu realizarea reglajului tensiunii fără sarcină la transformatoarele de putere în cazul conectării în stea a înfășurărilor avînd prizele de reglaj la capătul dinspre nul, se cunoaște, în general, utilizarea diferitelor tipuri de comutatoare, așa-zise „pe nul", de construcție corespunzătoare pentru a funcționa în astfel de condiții.

Aceste comutatoare, fie că sînt de tipul liniar sau rotativ, fie că utilizează diferite sisteme de contact, sînt concepute, în principiu, cu o parte fixă pe care se montează cele trei serii de contacte fixe, la care se aduc legăturile de la prizele celor trei înfășurări, și cu o parte mobilă pe care se fixează trei contacte mobile, cîte unul în dreptul fiecărei serii de contacte fixe. Comutarea prizelor se efectuează prin deplasarea rectilinie sau circulară a celor trei contacte mobile în dreptul prizelor omologe ale înfășurărilor, nulul fiind realizat printr-o legătură permanentă între cele trei contacte mobile.

În general, deficiențele acestor comutatoare constau în faptul că utilizează trei contacte mobile, deși acestea sînt legate permanent între ele și deci sînt puse la același potențial electric; permite întreruperea legăturii între înfășurări sau distrugerea contactelor, ca urmare a unei fixări neglijente a contactului mobil între contactele fixe și nu exact pe acestea; realizează defectuos contactul electric ca urmare a nesincronizării perfecte dintre pozițiile contact fix-contact mobil la cele trei faze etc.

Comutatorul pentru reglajul „pe nul", realizat la Uzinele „Electroputere"—Craiova (fig. 1), reprezintă o construcție originală, avînd unele avantaje față de vechile tipuri enumerate.

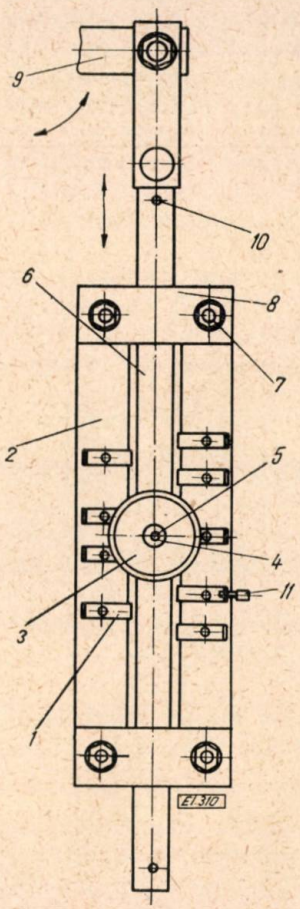


Fig. 1. Comutator „pe nul" de tip nou realizat la Uzinele „Electroputere"— Craiova.

El are contactele fixe de forma unor benzi din cupru *1* dispuse pe două barete fixe din pertinax *2* într-o ordine care se poate vedea în fig. 2, unde se prezintă schema de conexiune a bobinajului ce folosește acest comutator. Drept contact mobil unic *3* se folosește o pereche de talere de alamă presate pe contactele fixe, cu ajutorul unor resorturi *4* care se ghidează pe niște axe de oțel *5*. Solidar cu regleta mobilă

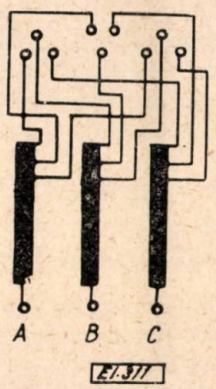


Fig. 2. Schema electrică de conectare a bobinajului pentru folosirea noului comutator pe nul.

din pertinax *6*, contactul mobil glisează deasupra contactelor fixe stabilind pe rînd cele trei trepte de reglaj, cînd se află deasupra contactelor fixe x_1, y_1, z_1, respectiv x_2, y_2, z_2 și x_3, y_3, z_3, legătura

* Ing. *C. Rădulescu* este adj. șef serviciu la Uzinele „Electroputere"-Craiova și *C. Treschin* este inginer proiectant principal la serv. tehnic la aceeași uzină.

** *I. Năzdrăvan* este inginer principal la M.I.C.M.

de nul constituind-o însuşi contactul mobil unic. Şuruburile *7* şi plăcuţele transversale de capăt *8* servesc pentru rigidizarea şi prinderea comutatorului. Regleta mobilă culisează antrenată de dispozitivul de comandă *9*, ştifturile sale *10* servind ca limitatoare de cursă. Prizele de bobinaj *11* se leagă la contactele fixe prin lipire directă.

Avantajele acestui comutator sînt următoarele :

— utilizează un singur contact mobil — element principial nou — care realizează simultan comutarea prizelor şi formarea nulului, în felul acesta asigurînd şi o precizie maximă de călcare simultană pe cele trei contacte fixe ;

— elimină posibilitatea de întrerupere a legăturii între înfăşurări, de defectare a contactelor sau de scurtcircuitare a prizelor, ca urmare a aranjamentului favorabil conform figurii 2 al prizelor la contactele fixe după treptele de tensiune şi nu după faze, de asemenea element principial nou, contactul mobil călcînd în orice poziţie pe contactele fixe a trei faze diferite ;

— contactele fixe formează o singură grupare la care lipsesc spaţiile care, de obicei, despart diferitele grupuri de contacte fixe aşezate după diferite criterii şi necesităţi, cum ar fi după faze de tensiune ; astfel comutatorul are o construcţie sensibil economică, care exploatează la maximum toate particularităţile comutatorului pe nul.

Acest comutator a dat bune rezultate în fabricaţie şi în exploatare, fiind în prezent introdus pe scară largă în construcţia de transformatoare în locul vechilor tipuri de comutatoare.

De altfel, trebuie arătat că pe linia satisfacerii cerinţelor tehnicii noi, în procesul de producţie construcţia noului comutator a permis mecanizarea completă a operaţiilor de execuţie. Într-adevăr, reperele executate pe maşini-unelte pentru vechile comutatoare s-au eliminat, menţinîndu-se numai piese care se execută în dispozitive şi ştanţe, obţinîndu-se astfel o mare productivitate a muncii în fabricaţie.

3. Schemă de reglaj fără sarcină pentru înfăşurările cu conexiunea triunghi, folosită la transformatoarele de putere

Pentru reglajul tensiunii la înfăşurările de înaltă tensiune conectate în triunghi ale transformatoarelor de putere sînt cunoscute schemele de reglaj de tipul „la mijloc" (fig. 3 şi de tipul „la un capăt" (fig. 4).

Tipul de reglaj „la mijloc" devenit clasic de foarte mult timp, este foarte des folosit, deficienţele sale apărînd, pe de o parte, în legătură cu faptul că sînt necesare legăturile care conectează extremităţile fazelor în triunghi, prezenţa acestor legături creînd oarecari posibilităţi de străpungere şi, pe de altă parte, nu se poate aplica în mod normal la bobinajul stratificat obişnuit decît aproape de capătul bobinajelor, rezultînd astfel disimetrii la funcţionarea pe anumite prize de reglaj [2].

Tipul de reglaj „la un capăt" se aplică relativ mai puţin, şi anume la executarea reglajului pe

Fig. 3. Bobinaj trifazat conectat în triunghi avînd reglajul la mijloc.

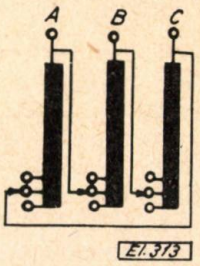


Fig. 4. Bobinaj trifazat conectat în triunghi avînd reglajul la un capăt.

bobinajele stratificate obişnuite, apariţia acestui reglaj fiind determinată, de fapt, de asimilarea acestui tip de bobinaj.

În afară de tipurile de reglaj arătate, la Uzinele „Electroputere", în ultima vreme s-a utilizat un tip de reglaj nou. Acest tip de reglaj „la două capete", conform figurii 5, presupune împărţirea zonei de reglaj a unei faze în două părţi separate, de obicei egale, plasate la ambele capete ale fazei în sistemul trifazat, care de altfel constituie domeniul de utilizare, apărînd pentru un transformator trei grupuri de reglaj, la fiecare aducîndu-se prizele de reglaj de la capetele a două faze care urmează să se conecteze împreună pentru a se închide triunghiul. În felul acesta triunghiul se realizează cu ocazia executării reglajului, legăturile caracteristice de triunghi dispărînd şi ieşirile la izolatoare aducîndu-se de la comutatorul care execută reglajul, şi anume de la cele trei contacte mobile care stabilesc legătura electrică între prizele de reglaj a cîte două faze la un moment dat.

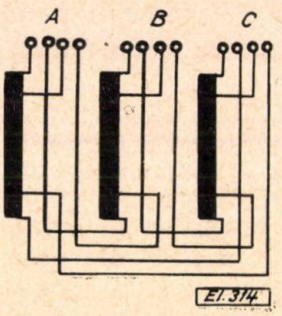


Fig. 5. Bobinaj trifazat conectat în triunghi avînd reglajul la două capete.

Această nouă schemă de reglaj a fost necesară pentru a se aplica la bobinajele stratificate în doi galeţi în vederea evitării scoaterii din interior a capetelor bobinajului şi a eliminării, tot în interior, a posibilităţii de conturnare pe pană între capetele bobinajului de intrare şi ieşire (în cazul executării bobinajului stratificat în doi galeţi cu capetele la exterior se poate pune un inel izolant între cele două semibobine, care să mărească linia de conturnare).

Bineînţeles însă că schema se poate aplica şi la alte tipuri de bobinaj, cum ar fi bobinajul continuu sau în galeţi, dar avantajele ei nu ies în evidenţă în mod deosebit ca în cazul bobinajului în doi galeţi unde oportunitatea aplicării reglajului la două capete este evidentă, avîndu-se în vedere, pe de o parte, construcţia particulară a acestui bobinaj care se pretează la acest reglaj şi, pe de altă parte, disimetriile minime la care se ajunge şi aceasta numai în cazul poziţiei de nominal.

Avantajele acestui sistem constau în:

— eliminarea legăturilor triunghiului, care necesitau material suplimentar şi măsuri de izolaţie în plus;

— executarea bobinajului în doi galeţi, fără a se scoate legături de la interior, evitîndu-se anumite dificultăţi de izolaţie;

— aranjarea bobinajului realizîndu-se astfel un reglaj simetric;

— simplificarea ansamblului de conexiuni la înfăşurările legate în triunghi;

— pentru conexiunea triunghi, după cum la tipul de bobinaj continuu şi în galeţi cel mai indicat este reglajul „la mijloc", iar la tipul de bobinaj stratificat clasic reglajul „la un capăt", tot astfel la bobinajul în doi galeţi cel mai indicat reglaj apare acel „la două capete".

4. Sistem de conectare şi reglaj stea-triunghi fără sarcină folosit la transformatoarele de putere

În reţelele de distribuţie sînt cunoscute adesea cazurile în care este necesară schimbarea conexiunii unui transformator din stea în triunghi sau invers, de exemplu, la trecerea din reţeaua de 15 kV în aceea de 22 kV.

Această operaţie de schimbare a conexiunii se face, de obicei, prin decuvarea transformatorului şi executarea noii conexiuni, care este posibilă fie prin schimbarea poziţiei anumitor regleţi la o placă de borne unde fuseseră aduse toate capetele bobinelor dacă se prevăzuse această posibilitate la fabricarea transformatorului şi acest lucru se întîmplă foarte rar, fie prin scoaterea pe capac a unui mare număr de izolatoare corespunzătoare tuturor capetelor bobinajului, realizîndu-se o variantă constructivă scumpă, fie prin montarea altei conexiuni, folosindu-se alte conductoare, alte lipituri, alţi suporţi izolanţi şi alte izolaţii. În funcţie de tipul de bobinaj, de modul de execuţie al conexiunii şi de tipul comutatorului de reglaj folosit la prima conexiune, în foarte multe cazuri pentru conexiunea a doua nu se mai poate menţine reglajul, transformatorul fiind obligat să funcţioneze la o tensiune fixă, indiferent de necesităţile reţelei. De exemplu, un transformator conectat în stea şi avînd reglajul pe nul, pentru conexiunea triunghi îşi pierde reglajul; pentru a se evita aceasta este nevoie de un nou comutator cu spaţii izolante mai mari, lucru care constituie o complicaţie, practic, nerezolvabilă în exploatare.

În rezumat, deficienţele trecerii de la conexiunea-stea la triunghi sau invers, la transformatoarele construite, sînt în legătură cu decuvarea transformatoarelor, cu schimbarea conexiunilor la placa de borne sau la bobine, cu eventuala pierdere a reglajului şi cu pierderile datorită scoaterii relativ îndelungate a transformatoarelor de sub tensiune.

La Uzinele „Electroputere"—Craiova s-a realizat un sistem de conectare şi reglaj izvorît din necesitatea de a se putea trece cu uşurinţă transformatoarele de la o tensiune la alta în cadrul diferitelor reţele de deservire a industriei petrolifere din ţara noastră. Acest sistem permite trecerea fără sarcină de la conexiunea-stea la triunghi şi invers a unei înfăşurări a transformatoarelor de putere cu menţinerea zonei de reglaj completă în ambele conexiuni, acest lucru executîndu-se numai prin manevrarea dispozitivului de comandă al unui singur comutator din exterior de pe capacul transformatorului, ca la orice construcţie normală.

Conform figurii 6, unde se arată schema electrică generală, prizele de reglaj ale celor trei bobine *19*, *20* şi *21* sînt dispuse la un capăt al bobinelor şi sînt aduse la contactele fixe *1—9* montate în placa izolantă fixă *16* a comutatorului, ca în figura 2. Înainte de a merge la izolatoare, capetele celor trei bobine formînd ieşirile fazelor *A*, *B*, *C*, sînt conectate la plăcuţele contact *10*, *11* şi *12*, care sînt îngropate

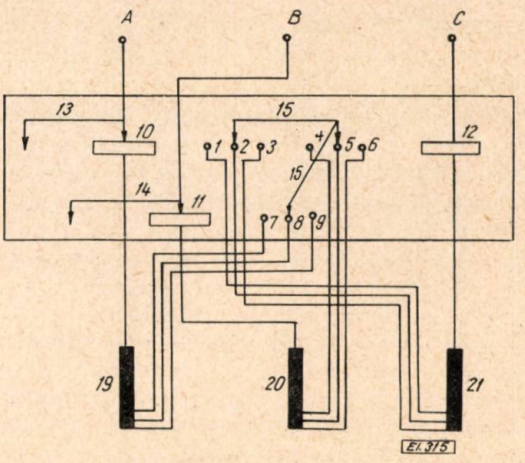


Fig. 6. Schema electrică folosită de sistemul de conectare şi reglaj stea-triunghi fără sarcină cu menţinerea reglajului pe ambele conexiuni.

în placa fixă *16*, la fel ca şi contactele fixe *1—9*. Conform figurii 6 şi detaliului de construcţie a comutatorului din figura 7, pe placa izolantă mobilă *17* se află montaţi, drept contacte mobile, flexibilul *13* avînd la capete *2* contacte bucşă *18*, presate cu resoarte şi reprezentate prin săgeţile de la capătul flexibilului

în figura 6, flexibilul *14* identic cu flexibilul *13* şi flexibilul *15* format, de fapt, din 2 flexibili care fac legătura între trei contacte-bucşă de tipul *18*.

Comutatorul este deci de tipul liniar cu contacte punctiforme, la care placa mobilă *17* se mişcă în faţa a celei fixe *16*, în mod clasic, în

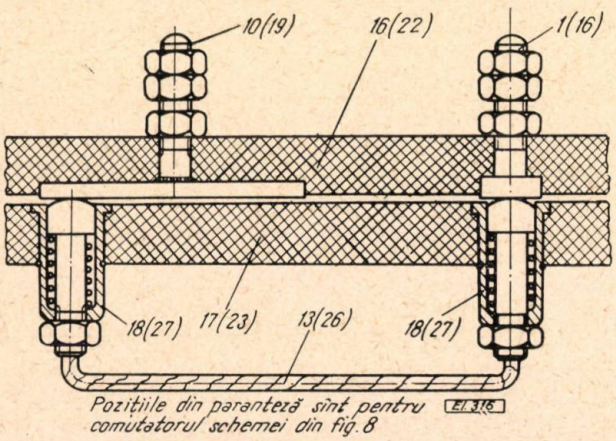


Fig. 7. Detaliu constructiv al comutatorului folosit de schema prezentată în figurile 6 şi 8.

felul acesta stabilindu-se pe rînd contactul electric între diferitele contacte fixe şi mobile pentru obţinerea conexiunii-stea şi triunghi, fiecare cu reglajul respectiv; aceasta se obţine datorită amplasării judicioase a contactelor fixe şi mobile pe plăcile izolante fixă şi, respectiv, mobilă. Nu s-a considerat necesar să se reproducă desenul complet al comutatorului cu toate plăcile, contactele şi elementele de prindere.

Pentru explicarea funcţionării sistemului ne vom referi la poziţia contactului-bucşă din stînga al flexibilului *15*, care este reprezentat în figura 6 printr-o săgeată şi se găseşte pe contactul fix *2*. Cînd acesta se află deasupra contactelor fixe *1,2* şi *3* se realizează cele trei trepte de reglaj ale conexiunii-stea, nulul realizîndu-se, respectiv, între prizele *1—4—7,2——5—8* şi *3—6—9*. Cînd elementul mobil luat ca reper se află deasupra contactelor fixe *4,5* şi *6*, se realizează celei trei trepte de reglaj ale conexiunii-triunghi, respectiv între prizele de reglaj şi plăcuţele ce sînt legate la capetele bobinelor *4—12,7—11* şi *1—10* pentru prima treaptă, *5—12,8—11* şi *2—10* pentru a doua treaptă şi *6—12,9—11* şi *3—10* pentru a treia treaptă.

În felul acesta, în 6 poziţii, prin mişcarea plăcii mobile cu ajutorul dispozitivului de comandă al comutatorului, se realizează conexiunile-stea şi triunghi, fiecare cu trei prize de reglaj. Între contactele fixe şi plăcuţele fixe alăturate, respectiv *6—12*, *7—11* şi *1—10* de pe placa fixă a comutatorului, se lasă un spaţiu mai mare corespunzător tensiunii de fază a bobinelor.

Se pot enumera următoarele avantaje ale sistemului propus:

— satisface necesitatea unora dintre reţelele noastre electrice prin schimbarea conexiunii transformatoarelor din stea în triunghi şi invers;

— pentru fiecare conexiune se păstrează şi posibilitatea de reglaj al tensiunii între aceleaşi limite;

— executarea manevrei de comutare este simplă şi se face din exterior de la dispozitivul de comandă al unui singur comutator existent pe transformator;

— comutatorul nu are poziţii intermediare moarte şi nici contacte separate pentru schimbarea conexiunii şi pentru reglajul tensiunii;

— se evită decuvarea transformatoarelor;

— se înlătură deconectarea de lungă durată de la reţea a transformatoarelor, însoţită de pierderi;

— simplifică operaţiile de montaj din staţiile de transformare;

— ridică calitatea şi gradul de tehnicitate al transformatoarelor;

— exclude necesitatea efectuării de probe electrice suplimentare ce se execută cu ocazia decuvării transformatoarelor.

5. Sistem de conectare şi reglaj serie-paralel fără sarcină folosit la transformatoarele de putere

În reţelele de distribuţie sînt frecvente cazurile cînd se cere trecerea de la o tensiune anumită la alta dublă sau invers, temporar sau definitiv, de multe ori această posibilitate cerîndu-se pentru transformatoare cu ocazia comandării lor la fabricile constructoare.

Exemple de astfel de schimbări întîlnite mai des în practică sînt pentru tensiunile de 3 şi 6 kV şi respectiv 5 şi 10 kV.

În cazul unor astfel de schimbări se folosesc, fie transformatoare separate, unele pentru tensiunea simplă, altele pentru tensiunea dublă, fie transformatoare posedînd ambele rapoarte de transformare; ultima soluţie este superioară, deoarece elimină investiţiile suplimentare şi manevrele complicate din staţii şi reprezintă o rezolvare a problemei la un grad de tehnicitate mai ridicat.

În prezent, astfel de transformatoare cu două tensiuni (simplă şi dublă), se realizează divizînd înfăşurarea respectivă în două jumătăţi simetrice, care se leagă în serie, pentru tensiunea dublă, şi, în paralel, pentru tensiunea simplă, reglajul realizîndu-se, de obicei, numai pentru una din tensiuni şi numai cu mari complicaţii constructive pentru amîndouă.

Operaţia de schimbare a tensiunii necesită în prezent, în mod normal, scoaterea din func-

ţiune a transformatoarelor pe un termen relativ lung, decuvarea lor şi efectuarea schimbărilor respective şi aceasta de cele mai multe ori transportînd transformatoarele de la locul de funcţionare într-un atelier special.

În cele ce urmează se prezintă un sistem de conectare şi reglaj, deja realizat, care asigură schimbarea tensiunii unei înfăşurări a transformatoarelor de putere de la simplu la dublu şi invers, simultan cu reglajul tensiunii, deci cu un singur comutator şi fără manevre suplimentare sau de decuvare.

Sistemul este realizat de autori pentru conexiunile stea şi triunghi, în articol prezentîndu-se numai cazul înfăşurării triunghi, deoarece acesta este mai des întîlnit în practică. Transformatoarele solicitate în mod obişnuit pentru aceste schimbări sînt de putere de la 250 la 1600 kVA, avînd tensiuni înalte de 3; 6; 5 şi 10 kV, şi tensiune joasă de 400 V cu conexiunea triunghi pentru înfăşurarea de înaltă tensiune.

Aşa cum se arată în schema electrică generală din figura 8, prizele de reglaj sînt prevăzute la mijlocul bobinelor şi sînt aduse la contactele fixe *1—18* montate în placa izolantă fixă *22* a comutatorului. Înainte de a merge la izolatoare, capetele celor trei bobine formînd ieşirile fazelor *A*, *B* şi *C*, sînt conectate la plăcuţele-contact *19*, *20* şi *21* care sînt îngropate în placa fixă *22* ca şi contactele fixe *1—18*. Conform figurii 8 şi detaliului de construcţie din figura 7, pe placa izolantă mobilă *23* sînt montate

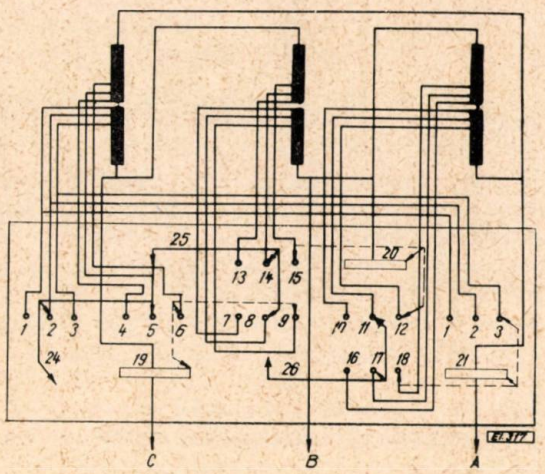


Fig. 8. Schema electrică folosită de sistemul de conectare şi reglaj serie — paralel fără sarcină, cu menţinerea reglajului pentru ambele tensiuni simplă şi dublă.

trei contacte mobile *24*, *25* şi *26* sub forma a trei flexibili în „*L*", avînd fiecare cîte trei contacte-bucşă *27*, presate cu resort şi reprezentate prin săgeţile de la capătul flexibililor în figura 8. Se vede deci că este vorba de un comutator de tip liniar cu contacte punctiforme, la care placa mobilă *23* se mişcă lîngă aceea fixă *22* în mod obişnuit; în felul acesta se stabileşte succesiv contactul electric între diferitele contacte fixe şi mobile pentru obţinerea conexiunii serie sau paralel, respectiv obţinerea tensiunii duble sau simple, fiecare cu reglajul respectiv. Acest lucru este posibil datorită poziţiei corespunzătoare a contactelor fixe şi mobile pe plăcile comutatorului.

Pentru explicarea funcţionării sistemului ne vom referi la poziţia contactului-bucşă din stînga al flexibilului *25*, care în figura 8 este pe liber în dreptul contactului fix *5*. Cînd acesta se găseşte pe liber în dreptul contactelor fixe *4*, *5* şi *6*, cele două jumătăţi ale bobinelor se pun în serie, rezultînd tensiunea dublă cu trei trepte de reglaj care se realizează pentru cele trei faze prin scurtcircuitarea contactelor *1* cu *4*,*13* cu *7* şi *10* cu *16* pentru treapta întîi; *2* cu *5*, *14* cu *8* şi *11* cu *7* pentru treapta a doua şi *3* cu *6*, *15* cu *9* şi *12* cu *18* pentru treapta a treia. Cînd contactul-bucşă luat ca reper se află pe contactele fixe *13*, *14* şi *15*, cele două jumătăţi ale bobinelor se pun în paralel, apărînd tensiunea simplă cu trei trepte de reglaj care se realizează pentru cele trei faze, prin scurtcircuitarea contactelor *4* cu *7* şi *19*, *13* cu *10* şi *20*, şi *16* cu *1* şi *21* pentru prima treaptă; *5* cu *8* şi *19*, *14* cu *11* şi *20* şi *17* cu *2* şi *21* pentru treapta a doua, iar *6* cu *9* şi *19*, *15* cu *12* şi *20* şi *18* cu *3* şi *21* pentru treapta a treia.

În felul acesta, pentru şase poziţii la comutator, prin mişcarea plăcii mobile lîngă cea fixă cu ajutorul dispozitivului de comandă se realizează o tensiune simplă şi una dublă, fiecare cu trei prize de reglaj.

Treptele de reglaj se dimensionează ca să fie egale, iar schema adoptată permite un acelaşi reglaj procentual , atît pentru tensiunea simplă, cît şi pentru cea dublă.

Avantajele sistemului prezentat sînt următoarele:

— deserveşte cu succes anumite zone ale reţelelor electrice unde este nevoie de transformatoare cu două serii de rapoarte de transformare, respectiv cu două tensiuni, simplă şi dublă;

— păstrează aceeaşi gamă de reglaj al tensiunii pentru ambele tensiuni;

— transformatorul este dotat cu un singur comutator cu ajutorul căruia se comută, simplu, din exterior, simultan cu schimbarea tensiunii de la simplu la dublu şi cu reglajul tensiunii pentru ambele tensiuni;

— se evită decuvarea transformatoarelor;

— se evită pierderile provocate de deconectările de la reţea, de lungă durată, a transformatoarelor;

— se simplifică operaţiile de montaj.

6. Conexiune pentru înfăşurările transformatoarelor de putere

În legătură cu conectarea înfăşurărilor la transformatoarele de putere sînt cunoscute, conexiunile stea, triunghi şi zigzag, care sînt folosite cel mai des într-una din grupările stea-stea, triunghi-stea, stea-zigzag şi stea-triunghi.

Pentru înfăşurările de înaltă tensiune cea mai indicată din punct de vedere constructiv apare conexiunea stea, care are un coeficient de umplere mai bun datorită numărului mai mic de spire şi care se comportă mai bine la probele de tensiune datorită faptului că prezintă o tensiune cu $\sqrt{3}$ mai mică pe fază decît între faze, dar care are ca deficienţă introducerea efectelor cunoscute ale armonicii a treia.

Conexiunea triunghi este indispensabilă pentru anularea efectului armonicii a treia, dar are un coeficient de umplere mai scăzut datorită numărului mare de spire şi prezintă dificultăţi în asigurarea izolaţiei pentru a rezista la probele de tensiune.

Conexiunea zigzag este necesară la înfăşurările de joasă tensiune ale transformatoarelor mici, care funcţionează în regim asimetric, însă necesită un consum de conductoare cu aproximativ 15% mai ridicat decît în cazul conexiunii stea.

Se ştie că s-a încercat găsirea de noi conexiuni, de obicei prin îmbinarea în diferite feluri a celor trei conexiuni de bază: stea, triunghi şi zigzag [1], în scopul obţinerii de noi avantaje tehnico-economice. Astfel, sînt cunoscute conexiunile bazate pe combinaţia stea-triunghi, prezentate în figurile 9 şi 10, care nu au putut fi însă generalizate din cauza neeconomicităţii lor şi a faptului că introduc decalaje noi între înfăşurările de înaltă şi joasă tensiune.

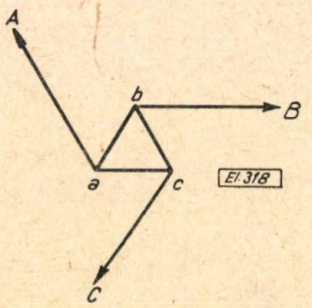


Fig. 9. Conexiune specială combinaţie stea-triunghi (varianta *a*).

Conexiunea propusă (fig. 11) care formează obiectul expunerii din cadrul acestui capitol, se bazează pe o combinaţie a conexiunilor stea, triunghi şi zigzag şi îmbină calităţile acestor conexiuni, atenuînd deficienţele care le au.

Noua conexiune este formată dintr-un triunghi central $A_1B_1C_1$ şi trei ramuri de formaţie stea-zigzag A_1A_2A, B_1B_2B şi C_1C_2C, astfel că dacă s-ar prelungi ramurile AA_2, BB_2 şi CC_2 spre interiorul figurii, s-ar întîlni într-un punct în centrul triunghiului $A_1B_1C_1$, asigurîndu-se astfel conexiunii decalajul unghiular al unei stele obişnuite.

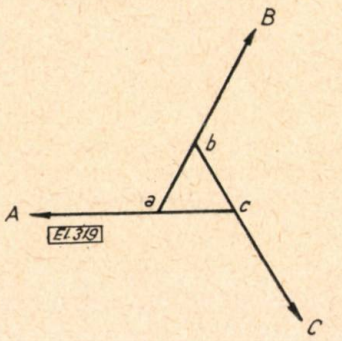


Fig. 10. Conexiune specială combinaţie stea-triunghi (varianta *b*).

Se înţelege că partea de conexiune stea trebuie să predomine, pe cît posibil, deoarece este avantajoasă din punct de vedere tehnico-economic, aşa cum s-a arătat. Avîndu-se în

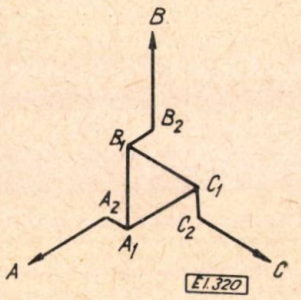


Fig. 11. Conexiune nouă propusă pentru a fi utilizată în cazuri speciale.

vedere că triunghiul central necesar pentru anularea efectului armonicii a treia se poate dimensiona limitîndu-se la puterea de 1/3 din aceea totală, consumul de conductoare al noii înfăşurări astfel rezultată, faţă de consumul necesar înfăşurării avînd conexiunea triunghi clasică corespunzătoare aceleiaşi tensiuni de linie, este cu aproximativ 10% mai ridicat, ţinîndu-se seamă de lungimile, secţiunile diferitelor porţiuni ale înfăşurării şi de coeficienţii de umplere.

Utilizarea conexiunii prezentate este indicată într-unul din următoarele cazuri:

— ca înfăşurare de înaltă tensiune la transformatoarele de putere, relativ, mică (250—1600 kVA) şi tensiuni ridicate (25—35 kV), a căror construcţie este dificilă în ipoteza conexiunii triunghi pe partea de înaltă tensiune;

— la transformatoarele de mare putere avînd conexiunea stea-stea, care folosesc înfăşurare terţiară şi care nu necesită neutrul accesibil pe una din înfăşurări. La aceste transformatoare s-ar putea elimina înfăşurarea terţiară.

Avantajele noii conexiuni sînt:

— anularea efectului armonicii a treia;

— eliminarea dificultăților de izolație caracteristice conexiunii triunghi la capetele bobinelor și îmbunătățirea comportării transformatoarelor la probele de tensiune;

— obținerea unor bune condițiuni de funcționare în regim asimetric;

— păstrarea unui unghi de decalaj clasic, și anume acela al conexiunii stea;

— utilizarea, cu succes, ca înfășurare de înaltă tensiune la transformatoarele de putere mică și tensiune foarte mare, în locul conexiunii triunghi greu de realizat ca izolație, cu toate avantajele enumerate mai sus, și consum de conductoare cu numai 10% mai mult;

— crearea unor avantaje economice și mai mari, prin eliminarea înfășurării terțiare de la unele transformatoare de mare putere, care ar urma să se execute cu o înfășurare conectată în stea și alta avînd conexiunea propusă în această lucrare.

Bibliografie

[1] *Andé, Fr.* Die Schaltung der Leistungtransformatoren. Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer — Verlag, 1959.

[2] *Sapojnicov, A. V.* Construirovanie transformatorov. Moscova, Gosenergoizdat, 1959.

Intrat în redacție la 4.V.1965

LEFORDITVA J 1114/66

Calculul preliminar al dimensiunilor principale ale electromagneților de curent continuu cu mișcare de rotație

Paul Dinculescu* — București

CZ 621.318.37.001.2

Determinarea dimensiunilor geometrice principale ale unui electromagnet, în particular ale unui electromagnet de curent continuu, constituie una din problemele de bază ale calculului preliminar al electromagnetului.

Așa cum este cunoscut [1], [2], [3], în vederea simplificării și comodității efectuării calculelor, în această etapă se recurge la aproximații, renunțîndu-se pentru moment la obținerea unei precizii ridicate, urmînd ca în calculul definitiv să se țină seamă în mod riguros de toți factorii care influențează funcționarea electromagnetului și care intervin în relațiile de calcul al dimensiunilor acestuia.

Electromagneți de curent continuu utilizați în construcția contactoarelor sînt, de obicei, electromagneți a căror armătură execută o mișcare de rotație. Din calculul contactorului și din schema sa cinematică rezultă cuplul necesar a fi dezvoltat de electromagnet în poziția deschis — momentul de acționare M_a — și în poziția închis — momentul portant M_p — precum și cursa maximă δ_0 a armăturii electromagnetului, măsurată pe axa polului, sau unghiul de rotație a armăturii α_{max}.

Pentru stabilirea schiței preliminare a electromagnetului (fig. 1) se pornește de la momentul de acționare M_a și de la întrefierul maxim δ_0 și urmează să se determine diametrul piesei polare D_p, diametrul miezului D_m, înălțimea piesei polare h_p, raza medie a armături r_m, înălțimea bobinei h_b, grosimea bobinei g_b și dimensiunile secțiunilor celor două armături (fixă și mobilă). Tot în cadrul calculului preliminar se determină, de asemenea, diametrul d al conductorului înfășurării.

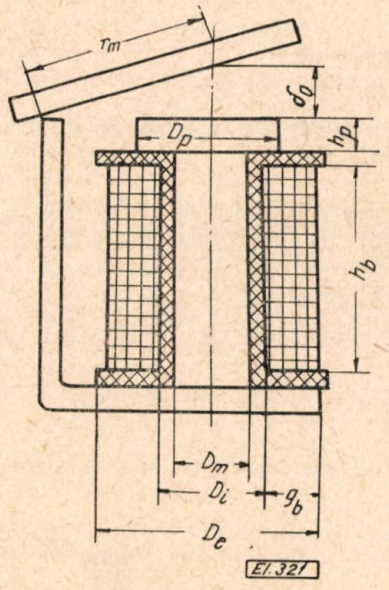


Fig. 1. Schița electromagnetului.

Pentru calculul preliminar al electromagnetului se fac următoarele aproximații.

a) Se înlocuiește întrefierul real, neuniform, format între piesa polară și armătura mobilă, cu un întrefier uniform, considerînd armătura mobilă ca fiind situată paralel cu piesa polară la o distanță egală cu întrefierul inițial δ_0 măsurat pe axa polului; permeanța întrefierului real se înlocuiește cu permeanța echivalentă

* Ing. *P. Dinculescu* este asistent la Institutul politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej" din București, facultatea de electrotehnică.

a unui cilindru cu înălțimea δ_0 și cu diametrul $D_0 = \varepsilon D_p$. Coeficientul ε, care ia în considerare prezența fluxului de umflări la întrefier, se calculează cu relația :

$$\varepsilon = \sqrt{1 + \frac{2{,}08}{k_D \frac{D_m}{\delta_0}}}, \qquad (1)$$

în care :

$k_D = \frac{D_0}{D_m}$ este raportul dintre diametrul piesei polare și diametrul miezului electromagnetului.

b) Se neglijează transmiterea căldurii prin suprafețele frontale ale bobinei.

Trebuie arătat că metoda de calcul prezentată în [1], care pornește de la aceleași ipoteze, deși este suficient de riguroasă, prezintă dezavantajul unor relații complicate ce nu conțin explicit una din mărimile importante ale electromagnetului — inducția în întrefier — și sînt exprimate în funcție de forța dezvoltată de electromagnet.

Pe baza acestor ipoteze simplificatoare, în lucrare se urmărește stabilirea unei metode simple pentru determinarea dimensiunilor principale ale electromagnetului, pornind de la un număr redus de parametri adoptați inițial și care să permită urmărirea cu ușurință a influenței fiecărei mărimi adoptate asupra rezultatului calculului.

1. Determinarea inducției în întrefierul electromagnetului

Valoarea inducției B_0 în întrefierul electromagnetului se determină în funcție de parametrul caracteristic al electromagnetului, care este definit prin relația [2], [3] :

$$P_c = \frac{\sqrt{F_0}}{\delta_0}, \qquad (2)$$

în care :

F_0 este forța de acționare a electromagnetului (forța în poziția deschis) ;

δ_0 — întrefierul inițial (în poziția deschis) măsurat pe axa polului.

Deoarece pentru electromagneții cu mișcare de rotație se cunosc momentul de acționare M_a și întrefierul inițial δ_0, relația (2) urmează să fie transformată în mod corespunzător.

Se notează :

$$\frac{\delta_0}{D_p} = k_\delta, \qquad (3)$$

$$\frac{r_m}{D_p} = k_r, \qquad (4)$$

unde :

D_p este diametrul piesei polare ;

r_m — raza medie a armăturii mobile.

Forța de acționare poate fi exprimată în funcție de momentul de acționare :

$$F_0 = \frac{M_a}{r_m}. \qquad (5)$$

Utilizînd relațiile (3), (4) și (5), relația (2) se poate scrie succesiv :

$$P_c = \sqrt{\frac{F_0}{\delta_0^2}} = \sqrt{\frac{M_a}{r_m \delta_0^2}} = \sqrt{\frac{M_a}{k_r D_p \delta_0^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{M_a}{k_r \frac{\delta_0}{k_\delta} \delta_0^2}} = \sqrt{\frac{M_a}{\frac{k_r}{k_\delta} \delta_0^3}} = \sqrt{\frac{M_a}{k' \delta_0^3}}, \qquad (6)$$

unde :

$$k' = \frac{k_r}{k_\delta}.$$

Intrucît STAS 4479-61 impune pentru electromagneții de acționare a contactoarelor, condiția ca, chiar la o scădere a tensiunii de alimentare cu 15 % față de valoarea nominală, electromagnetul să atragă armătura, în calcul trebuie introdusă o valoare a momentului, mărită în mod corespunzător, adică :

$$M_a' = \frac{M_a}{0{,}85^2},$$

iar relația (6) devine :

$$P_c = \sqrt{\frac{M_a'}{k' \delta_0^3}}. \qquad (6')$$

Deoarece curbele de variație a inducției sînt date, de obicei, în funcție de parametrul caracteristic exprimat în $\text{kgf}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{cm}^{-1}$, în cazul cînd momentul M_a este exprimat în N_m, iar întrefierul δ_0 este exprimat în mm, relația (6′) devine :

$$P_c = 1{,}01 \cdot 10^2 \sqrt{\frac{M_a'}{k' \delta_0^3}}, \ \text{kgf}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{cm}. \qquad (6'')$$

Măsurătorile efectuate la diferiți electromagneți de acționare, utilizați în construcția contactoarelor, au arătat că valorile coeficienților k_r și k_δ variază între următoarele limite :

$$k_\delta = 0{,}2 - 0{,}5,$$

$$k_r = 1 - 1{,}3.$$

Alegînd cîte o valoare pentru fiecare coeficient, se poate calcula parametrul caracteristic utilizînd relațiile (6′) sau (6″). Valoarea parametrului caracteristic urmează să fie corectată imediat după calculul diametrului piesei polare.

2. Stabilirea relației de calcul al diametrului piesei polare

Ținînd seamă de aproximațiile admise (întrefier uniform), forța dezvoltată de electromagnet în poziția deschis va fi :

$$F_0 \frac{B_0^2 S_0}{2\mu_0}, \tag{7}$$

unde :

B_0 este inducția în întrefier ;

$S_0 = \frac{\pi D_0^2}{4}$ — secțiunea întrefierului echivalent.

Luînd în considerare cerințele condiției tehnice ca electromagnetul să atragă armătura la o valoare a tensiunii de alimentare egală cu 85 % din valoarea tensiunii nominale, rezultă :

$$S_0 = \frac{\pi D_0^2}{4} = \frac{2\mu_0 F_0}{0{,}85^2 B_0^2} \tag{7a}$$

sau :

$$\frac{\pi \varepsilon^2 D_p^2}{4} = \frac{2\mu_0 F_0}{0{,}85^2 B_0^2}, \tag{8}$$

unde :

$D_0 = \varepsilon D_p$ este diametrul echivalent al piesei polare ;

$$F_0 = \frac{M_a}{r_m} = \frac{M_a}{k_r D_p}. \tag{9}$$

Substituind relația (9) în relația (8) se obține :

$$\frac{\pi \varepsilon^2 D_p^2}{4} = \frac{2\mu_0 M_a}{k_r D_p 0{,}85^2 B_0^2}, \tag{9a}$$

de unde :

$$D_p = 2\sqrt[3]{\frac{\mu_0 M_a'}{\pi \varepsilon^2 B_0^2 k_r}}. \tag{10}$$

Valoarea coeficientului ε care intră în relația (10) poate fi găsită cu ușurință dacă în relația (1) se înlocuiește $k_D = \frac{D_p}{D_m}$.

În acest caz, relația (1) devine :

$$\varepsilon = \sqrt{1+2{,}08\, k_\delta}. \tag{11}$$

Relația (11) poate fi reprezentată grafic obținîndu-se curba $\varepsilon = f(k_\delta)$ (fig. 2). Întrucît coeficientul k_δ a fost ales la calculul parametrului caracteristic, valoarea coeficientului ε se determină direct din această curbă.

Coeficientul k_r a fost ales la calculul parametrului caracteristic, iar valoarea inducției B_0 în întrefier se obține în funcție de parametrul caracteristic din curbele $B_0 = f(P_c)$ [3].

Cu valoarea rezultată pentru D_p se recalculează k_δ (care a fost ales arbitrar la calculul parametrului caracteristic) în funcție de care se determină noua valoare a lui ε (din curba din figura 2). Cu valoarea fixată pentru k_r se recalculează P_c [relația (6')] și se aduce corecția necesară inducției B_0 aleasă anterior, recalculîndu-se D_p. În acest fel, prin cîteva calcule succesive, se stabilesc definitiv valorile diametrului piesei polare D_p și inducției în întrefier B_0, cu care se va lucra în continuare în calculul electromagnetului.

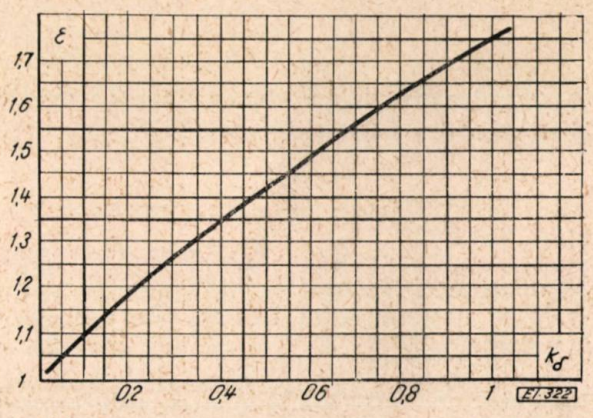


Fig. 2. Curba de variație a factorului E în funcție de factorul k.

Odată calculat diametrul piesei polare, se determină :

— diametrul miezului :

$$D_m = \frac{D_p}{k_D}, \tag{12}$$

unde :

$$k_D = 1{,}4 - 1{,}7 ;$$

— raza medie a armăturii mobile :

$$r_m = k_r D_p. \tag{13}$$

Pentru ca inducția în secțiunea de trecere a fluxului magnetic din piesa polară propriu-zisă în porțiunea care constituie prelungirea miezului în piesa polară (secțiune a cărei arie este $\pi D_m h_p$) să nu depășească inducția în miez, înălțimea piesei polare trebuie să fie [2] :

$$h_p \geqslant \frac{D_m}{4}\left[1 - \left(\frac{D_m}{D_p}\right)^2\right]. \tag{14}$$

3. Determinarea tensiunii magnetomotoare ce trebuie dezvoltată de bobina electromagnetului

În această etapă a calculului se apreciază că tensiunile magnetice în fier U_{mf} și în întrefierurile parazitare U_{mp} constituie un anumit procent din tensiunea magnetomotoare dată de înfășurarea electromagnetului, adică :

$$U_{mf} = U_{mp} = \varphi \mathcal{F}_m.$$

Tensiunea magnetică ce revine întrefierului va fi deci :

$$U_{m\delta} = \mathcal{F}_m - (U_{mf} + U_{mp}) = \mathcal{F}_m (1-\varphi). \tag{15}$$

Pe de altă parte, însă :

$$U_m = \frac{B_0 \delta_0}{\mu_0}. \qquad (16)$$

Din relațiile (15) și (16) rezultă tensiunea magnetomotoare necesară :

$$\mathcal{F}_m = \frac{B_0 \delta_0}{\mu_0 (1 - \varphi)}. \qquad (17)$$

Factorul φ are, pentru electromagneții uzuali, valori cuprinse între 0,15 și 0,35.

4. Stabilirea relațiilor de calcul pentru dimensiunile bobinei

Dimensiunile bobinei — înălțimea și grosimea — se determină în funcție de tensiunea magnetomotoare $\mathcal{F}_m$ ce trebuie s-o dezvolte și din condițiile de încălzire care impun o temperatură maximă admisibilă pentru conductorul înfășurării.

Grosimea bobinei poate fi exprimată în funcție de diametrul miezului :

$$g_b = n D_m. \qquad (18)$$

După cum este cunoscut [2], puterea electrică consumată în bobină scade o dată cu creșterea diametrului exterior D_e al bobinei, iar pentru valori ale raportului $\frac{D_e}{D_m} \geqslant 2{,}5 - 3$ variază foarte puțin. Din această cauză pentru factorul n se pot adopta valorile [1] 0,7—0,9.

Determinarea înălțimii bobinei se face pornind de la supratemperatura admisibilă a înfășurării, determinată de clasa de izolație a conductorului și de temperatura mediului ambiant.

Considerînd că bobina cedează căldură atît prin suprafața interioară, cît și prin suprafața exterioară, neglijînd cedarea de căldură prin suprafețele frontale și luînd cazul regimului de funcționare intermitent caracterizat prin durata relativă de conectare D_c (în regim permanent $D_c = 1$), supratemperatura suprafețelor bobinei, considerată ca o medie a supratemperaturii pe cele două suprafețe, va fi dată de relația :

$$\theta = \frac{D_c \cdot P}{K S_e + \alpha K S_i}, \qquad (19)$$

în care :

D_c este durata relativă de conectare ;
$P = R_b I^2$ — puterea electrică disipată în înfășurare ;
S_e — suprafața exterioară a bobinei ;
S_i — suprafața interioară a bobinei ;
K — coeficientul total de cedare a căldurii ;
α — factor ce ține seamă de cedarea de căldură diferită pentru cele două suprafețe.

Notînd :

g_b — grosimea bobinei ;
h_b — înălțimea bobinei ;
D_e — diametrul exterior al bobinei ;
D_i — diametrul interior al bobinei ;
D_{med} — diametrul mediu al bobinei,

și luînd în considerare relația (18) rezultă, neglijînd pentru moment grosimea carcasei bobinei :

$$D_i \approx D_m,$$
$$D_e \approx D_m + 2 g_b = D_m (1 + 2 n), \qquad (20)$$
$$D_{med} \approx D_m + g_b = D_m (1 + n).$$

Ținînd seamă de relațiile (20) se pot introduce notațiile :

$$\beta = \frac{D_e}{D_{med}} = \frac{1 + 2n}{1 + n};$$
$$\qquad (21)$$
$$\gamma = \frac{D_i}{D_{med}} = \frac{1}{1 + n}.$$

Relația (19) poate fi scrisă :

$$\theta = \frac{D_c \cdot R_b \cdot I^2}{\pi h_b K (D_e + \alpha D_i)}, \qquad (21a)$$

sau, ținînd seamă de relațiile (21) :

$$\theta = \frac{D_c R_b I^2}{\pi h_b K D_{med} (\beta + \alpha\gamma)}. \qquad (22)$$

Rezistența bobinei se determină cu relația :

$$R_b = \rho \frac{l}{s} = \rho \frac{N \pi D_{med}}{s} = \rho \frac{N \pi D_{med}}{\frac{f_u h_b g_b}{N}} = \rho \frac{N^2 \pi D_{med}}{f_u h_b g_b}, \qquad (23)$$

în care :

ρ este rezistivitatea conductorului ;
N — numărul de spire ale bobinei ;
s — secțiunea conductorului ;
f_u — factorul de umplere a secțiunii bobinei.

Substituind relația (23) în relația (22) se obține :

$$\theta = \frac{D_c \rho \pi D_{med} (NI)^2}{\pi h_b K D_{med} (\beta + \alpha\gamma) f_u h_b g_b} = \frac{D_c \rho \mathcal{F}_m^2}{K h_b^2 g_b f_u (\beta + \alpha\gamma)}, \qquad (23a)$$

de unde, punînd $\theta = \theta_{adm}$ (supratemperatura admisibilă), rezultă înălțimea bobinei :

$$h_b = \sqrt{\frac{D_c \rho \mathcal{F}_m^2}{\theta_{adm} K g_b f_u (\beta + \alpha\gamma)}}. \qquad (24)$$

La bobinele alimentate în curent continuu, temperatura în interiorul înfășurării este mai mare decît pe suprafețele exterioară și inte-

rioară. Admițînd că depășirea de temperatură a stratului cel mai cald al înfășurării față de temperatura medie a suprafețelor bobinei este θ_i și luînd în considerare condiția tehnică impusă de STAS 4479-61, ca încălzirea să nu depășească limita admisă în cazul cînd tensiunea de alimentare a înfășurării ar crește cu 5%, supratemperatura admisibilă va fi:

$$\theta_{adm} = \frac{\theta_s - \theta_a - \theta_i}{1{\cdot}05^2}, \qquad (25)$$

unde:

θ_s este temperatura de stabilitate termică corespunzătoare clasei de izolație a conductorului;
θ_a — temperatura mediului ambiant;
θ_i = (10—15)°C.

Întrucît atît rezistivitatea conductorului, cît și coeficientul total de cedare a căldurii K variază cu temperatura, în această etapă a calculului în relația (24) pot fi introduse valorile lor calculate la temperatura de stabilitate termică (pentru ρ), respectiv la supratemperatura θ_{adm} (pentru K), urmînd ca în etapele următoare, după stabilirea dimensiunilor definitive ale electromagnetului, să se țină seamă exact, la determinarea supratemperaturii, de legea de variație a acestor coeficienți în funcție de temperatură.

Factorul α poate avea valorile 0; 0,9; 7,1; 2,7 în funcție de modul de execuție a bobinei [1], [3].

Factorul de umplere a secțiunii bobinei f_u se determină în funcție de diametrul conductorului înfășurării, care poate fi calculat pe baza mărimilor rezultate din calculele anterioare.

5. Calculul diametrului conductorului înfășurării

Dacă U este tensiunea aplicată bobinei, ecuația circuitului electric al înfășurării electromagnetului este:

$$U = R_b I = \rho \frac{l}{s} I = \rho \frac{N \pi D_{med}}{\frac{\pi d^2}{4}} I = \frac{4\rho D_{med} \mathcal{F}_m}{d^2}, \qquad (26)$$

de unde:

$$d = \sqrt{\frac{4\rho D_{med} \mathcal{F}_m}{U}} \approx \sqrt{\frac{4\rho D_m (1+n) \mathcal{F}_m}{U}}. \qquad (26a)$$

Valoarea obținută pentru diametrul conductorului se rotunjește la o valoare normalizată (N I 732--58, Fabrica de cabluri și materiale electroizolante-București).

6. Exemplu de calcul

Se vor determina principalele dimensiuni ale unui electromagnet de curent continuu cu mișcare de rotație (fig. 1), pentru care se cunosc:

— momentul de acționare $M_a = 5$ Nm;
— întrefierul maxim $\delta_0 = 23$ mm;
— tensiunea de alimentare $U = 24$ V;
— durata de conectare $D_c = 40$ %.

Rezolvare

— Momentul de acționare a electromagnetului ce se va introduce în calcul va fi:

$$M'_a = \frac{M_a}{0{,}85^2} = \frac{5}{0{,}85^2} = 6{,}92 \text{ Nm}.$$

— Pentru calculul parametrului caracteristic se adoptă, inițial, $k_r = 1{,}2$; $k_\delta = 0{,}35$. Din relația (6'') rezultă:

$$P_c = 1{,}01 \cdot 10^2 \sqrt{\frac{M'_a}{k' \delta_0^3}} = 101 \sqrt{\frac{6{,}92}{3{,}44 \cdot 23^3}} = 1{,}3,$$

unde:

$$k' = \frac{k_r}{k_\delta} = \frac{1{,}2}{0{,}35} = 3{,}44.$$

— Pentru calculul diametrului piesei polare se determină:

$\varepsilon = 1{,}3$ din curba $\varepsilon = f(k_\delta)$ (fig. 2),

$B_0 = (0{,}145 - 0{,}195)$ T din curba $B_0 = f(P_c)$. [3]

Se adoptă $B_0 = 0{,}18$ T.

Diametrul piesei polare se calculează cu relația (10):

$$D_p = 2 \sqrt[3]{\frac{\mu_0 M'_a}{\pi \varepsilon^2 B_0^2 k_r}} = 2 \sqrt[3]{\frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6{,}92}{\pi \cdot 1{,}3^2 \cdot 0{,}18^2 \cdot 1{,}2}} =$$

$$= 0{,}070 \text{ m} = 70 \text{ mm}.$$

— Pentru verificarea diametrului piesei polare se recalculează:

$$k_\delta = \frac{\delta_0}{D_p} = \frac{23}{70} = 0{,}33,$$

$$k' = \frac{k_r}{k_\delta} = \frac{1{,}2}{0{,}33} = 3{,}65,$$

$$P_c = 1{,}01 \cdot 10^2 \sqrt{\frac{6{,}92}{3{,}64 \cdot 23^3}} = 1{,}27.$$

Rezultă:

$B_0 = (0{,}14 - 0{,}19)$ T. Se adoptă $B_0 = 0{,}182$ T,

$$\varepsilon = 1{,}29,$$

$$D_p = 2 \sqrt[3]{\frac{4\pi 10^{-7} \cdot 6{,}92}{\pi \cdot 1{,}29^2 \cdot 0{,}182^2 \cdot 1{,}2}} = 0{,}0696 \text{ m} = 69{,}6 \text{ mm},$$

deci valorile adoptate definitiv sînt:

$P_c = 1{,}27$; $\varepsilon = 1{,}29$; $B_0 = 0{,}18$ T; $D_p = 70$ mm.

— Diametrul miezului rezultă din relația (12):

$$D_m = \frac{D_p}{k_D} = \frac{70}{1{,}4} = 50 \text{ mm},$$

iar înălțimea piesei polare, din relația (14):

$$h_p \geqslant \frac{D_m}{4}\left[1 - \left(\frac{D_m}{D_p}\right)^2\right] = \frac{50}{4}\left[1 - \left(\frac{50}{70}\right)^2\right] = 6{,}72 \text{ mm}.$$

Se adoptă $h_p = 7$ mm.

— Tensiunea magnetomotoare necesară se determină cu relația (17), admițînd preliminar $\varphi = 0{,}25$:

$$\mathcal{F}_m = \frac{B_0\,\delta_0}{\mu_0(1-\varphi)} = \frac{0{,}182 \cdot 23 \cdot 10^{-3}}{4\pi\,10^{-7}\cdot(1-0{,}25)} = 4440 \text{ A}.$$

— Determinarea dimensiunilor bobinei se face admițînd inițial $n = 0{,}7$ și considerînd clasa E de izolație a conductorului. Rezultă:

— grosimea bobinei: $g_b = n\,D_m = 0{,}7 \cdot 50 = 35$ mm;

— diametrul conductorului — din relația (26):

$$d = \sqrt{\frac{4\rho\,D_m(1+n)\,\mathcal{F}_m}{U}} =$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot 2{,}45 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot (1+0{,}7)\,4\,440}{24}} = 0{,}124 \text{ cm} = 1{,}24 \text{ mm}.$$

Se adoptă valoarea normalizată $d = 1{,}25$ mm;

— factorul de umplere corespunzător diametrului conductorului: $f_u \approx 0{,}7$;

— înălțimea bobinei — din relația (24):

$$h_b = \sqrt{\frac{D_c \cdot \rho \cdot \mathcal{F}_m^2}{\theta_{adm}\,K g_b\,f_u\,(\beta + \alpha\gamma)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0{,}4 \cdot 2{,}45 \cdot 10^{-6} \cdot 4\,440^2}{68 \cdot 1{,}39 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}5 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}41}} = 7{,}7 \text{ cm} = 77 \text{ mm},$$

unde:

$$\rho_{120^\circ} = 2{,}45 \cdot 10^{-6}\ \Omega\text{cm};$$

$$K = 1{,}39 \cdot 10^{-3}\ \text{W/cm}^2 \cdot {}^\circ\text{C};$$

$\alpha = 0$ (carcasă din material termoizolant);

$$\theta_i = 10^\circ\text{C};$$

$$\theta_{adm.} = \frac{\theta_s - \theta_a - \theta_i}{1{,}05^2} = \frac{120 - 35 - 10}{1{,}05^2} = 68^\circ\text{C};$$

$$\beta = \frac{1+2n}{1+n} = \frac{1+2.07}{1+0{,}7} = 1{,}41.$$

Concluzii

a) Pe baza măsurătorilor efectuate la diferiți electromagneți de acționare ai contactoarelor de curent continuu au fost stabilite rapoartele ce există între întrefierul electromagnetului și raza sa medie, pe de o parte, și diametrul piesei polare a electromagnetului, pe de altă parte, rapoarte ce variază între limite relativ reduse.

b) Stabilirea relației (6′) permite utilizarea, în calculul electromagneților cu mișcare de rotație, a acelorași curbe de variație a inducției în funcție de parametrul caracteristic folosit pentru electromagneții cu mișcare de translație [3].

c) Relațiile de calcul stabilite pentru diametrul piesei polare (10) și pentru înălțimea bobinei (24) sînt simple, conțin explicit mărimile și dimensiunile importante ale electromagnetului și dau rezultate care nu necesită corectări importante în calculul definitiv al electromagnetului.

d) Calculele efectuate pentru un număr mare de variante de electromagneți de acționare arată că limitele de variație ale raportului k_D, pentru care [1] indică valorile 1,6—2, trebuie reduse la valorile 1,4—1,7 pentru a nu se ajunge la o inducție prea mare în miezul electromagnetului la poziția închis.

e) Pe baza relațiilor (10), (12), (13), (14), (17), (18), (24), (26) se poate alcătui schița preliminară a electromagnetului și se poate trece la calculul caracteristicilor acestuia și la verificarea condițiilor tehnice.

Bibliografie

[1] *Liubcik, M. A.* Electromagneți de curent continuu și alternativ. Calcul și proiectare (traducere din limba rusă). București, Editura tehnică, 1963.

[2] *Gordon, A. V.* și *Slivinskaia, A. G.* Electromagniti postoiannogo toka. Moskova—Leningrad, Gosenergoizdat, 1960.

[3] *Dinculescu, P.* Cu privire la alegerea preliminară a inducției în întrefierul electromagneților de curent continuu pentru contactoare. În: Electrotehnica **13**, nr. 6, 1965.

Intrat în redacție la 25 IV 1965

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Influența factorilor climatici asupra cablurilor și conductoarelor electrice izolate cu elastomeri sintetici și materiale termoplastice

Constantin Cruceru * — București

CZ 621.315.211.2 : 621.315.616.96 : 551.5

În proiectarea cablurilor și conductoarelor electrice izolate cu elastomeri sintetici și materiale termoplastice folosite în mediu cu climat tropical, o mare pondere o au alegerea și dimensionarea corectă a izolației.

Pe lîngă faptul că izolația determină clasa termică de funcționare, ea influențează într-o mare măsură asupra indicilor tehnico-economici ai cablurilor și conductoarelor electrice.

Factorii climatici influențează caracteristicile elastomerilor sintetici și ale materialelor termoplastice folosite pentru izolarea cablurilor de forță, atît prin acțiunea individuală a acestor factori, cît și prin acțiunea lor combinată. Factorii climatici determinați care influențează asupra izolației (temperatura mediului ambiant, umiditatea relativă a aerului sau acțiunea lor combinată) pot duce la : modificarea caracteristicilor electrice (rezistența de izolație, permitivitatea, rigiditatea dielectrică, tangenta unghiului de pierderi), modificarea caracteristicilor fizice (elasticitatea, rezistența la rupere, alungirea etc.). Cercetarea acestor factori și influența lor asupra izolației cablurilor și conductoarelor electrice determină alegerea tipului de izolație și construcțiile cele mai adecvate de cabluri destinate a fi folosite în mediu cu climat tropical.

1. Elastomerii sintetici și materialele termoplastice folosite la izolarea cablurilor și conductoarelor electrice elaborate

Elastomerii sintetici și materialele termoplastice folosite la izolarea și protejarea cablurilor și conductoarelor electrice sînt : cauciucul butadien-stiren, cauciucul butil, policloroprenul, cauciucul butadienacrilonitrilic, clorura de polivinil și polietilena.

Proprietățile fizice, chimice, electrice și mecanice și aprecierea comportării lor la aceste caracteristici sînt date în revista „Electrotehnica" 11, nr. 10, p. 377.

În funcție de acestea au fost folosite la izolarea și protejarea cablurilor și conductoarelor electrice pentru mediul tropical cauciucul butil, cauciucul siliconic și policlorura de vinil. Materialele acestea se comportă bine la acțiunea temperaturii, umidității și la acțiunea combinată a temperaturii și umidității. La încercările efectuate în condiții normale de laborator, valorile caracteristicilor fizico-electrice obținute (rezistența specifică de volum, factorul de pierderi tg δ, rigiditatea dielectrică, rezistența la rupere și alungirea la rupere) au fost corespunzătoare. Valorile acestor caracteristici sînt date în tabela 1.

Caracteristicile indicate în tabela 1 au fost obținute pe epruvete de cauciuc și PVC înainte de a fi folosite la izolarea și protejarea cablurilor și conductoarelor destinate mediului tropical.

2. Cablurile și conductoarele izolate cu elastomeri sintetici și materiale termoplastice, pentru mediul tropical, supuse încercărilor

Au fost supuse influenței factorilor climatici specifici mediului tropical următoarele tipuri de cabluri și conductoare electrice : conductoare de conexiuni izolate cu cauciuc siliconic

Tabela 1

Denumirea caracteristicii	Unități de măsură	Denumirea materialului și valorile caracteristicilor obținute					
		cauciucul butilic		cauciucul siliconic		policlorura de vinil	
		obținut	impus	obținut	impus	obținut	impus
Rezistența specifică de volum ρ_v la 20°C	$\Omega \cdot cm$	10^{17}	10^{14}	10^{14}	$10^{13} - 10^{15}$	10^{13}	10^{13}
Factorul de pierderi tg $\delta \cdot 10^{-2}$	—	4	4	2	1—2	7	4—8
Rigiditatea dielectrică, E	kV/km	26	20—28	24	15—25	25	20—25
Rezistența la rupere R_r	kgf/cm^2	70	42	60	35	230	200
Alungirea la rupere λ_r	%	500	300—600	400	200—400	350	200

* Ing. *C. Cruceru* este șef de laborator la I.C.P.E.

pentru mașinile electrice; cabluri izolate cu butil, de tip FffBC, pentru pompe submersibile și cabluri de măsură izolate cu policlorură de vinil de tip CMYY.

Înaintea începerii încercărilor, cablurile și conductoarele au fost curățate de izolație la ambele capete pe o porțiune de circa 10—15 cm.

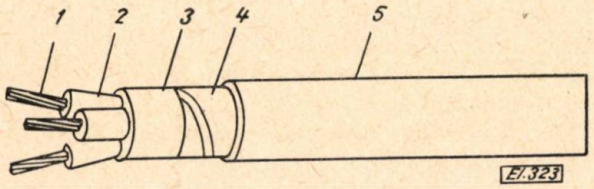


Fig. 1. Cablu izolat cu cauciuc butil pentru alimentarea cu energie electrică a pompelor submersibile cu secțiunea 3 × 4 mm²:

1 — conductor de cupru multifilar; *2* — izolație de cauciuc butil; *3* — manta de cauciuc butil; *4* — înfășurare de pînză tehnică; *5* — manta de policloropren.

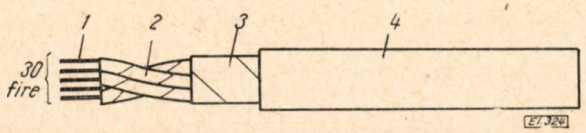


Fig. 2. Cablu de măsură izolat cu PVC de tip CMYY — 30 × 1,5 mm²:

1 — conductor de cupru monofilar; *2* — izolație de PVC; *3* — înfășurare de hîrtie; *4* — manta de policlorură de vinil.

Construcția acestor cabluri este redată în figura 1 și 2. Astfel, în figura 1 este prezentat cablul pentru alimentarea cu energie electrică a pompelor submersibile, cu secțiunea de 3 × 4 mm², izolat cu cauciuc butil, iar în figura 2 este dată construcția cablului de măsură CMYY 30 × 1,5 mm².

3. Linia de cercetare și lucrările efectuate

3.1. Linia de cercetare

Bazîndu-ne pe studiul documentar ne-am propus, ca linie de cercetare, să studiem comportarea climatică a izolațiilor cablurilor și conductoarelor arătate, în scopul urmăririi valorilor caracteristicilor dielectrice și mecanice prin menținerea cablurilor în camera Weiss.

De asemenea, s-au făcut verificări micologice, urmărindu-se comportarea izolației cablurilor și conductoarelor electrice la acțiunea mucegaiului atunci cînd pe suprafața lor ar cădea spori de ciuperci.

3.2. Condiții generale de experimentare

Condiționarea epruvetelor în camera climatică Weiss a fost făcută pe o perioadă de 56 cicluri a 12 h la temperatura de 40±2°C și umiditate relativă de 95—100% și pe o perioadă de minimum 5 h la temperatura de 25—35°C și umiditate relativă 95—100%.

Încercările micologice s-au efectuat supunînd epruvetele de cabluri atacului mucegaiului la o temperatură de 30±2°C și umiditate relativă de 95—100%, timp de 28 zile. S-a efectuat în acest scop infectarea epruvetelor cu un amestec de spori de ciuperci la încercările conform STAS 6743-63.

S-au făcut experimentări variind următorii parametri: rezistența la tracțiune la rupere, alungirea la rupere, tangenta unghiului de piederi în dielectric (tg δ) și rezistența de izolament.

În funcție de condițiile generale de experimentare se analizează în continuare comportarea fiecăruia din tipurile de cabluri și conductoare elaborate.

4. Rezultate experimentale

4.1. Conductoare de conexiuni izolate cu cauciuc siliconic de tip FffSi

Au fost supuse verificărilor conductoare din seria unitară 0,75—10,00 mm². S-au ales secțiunile de 0,75, 2,5 și 4 mm², a căror construcție este redată în tabela 4. Materialele constitutive ale acestor conductoare sînt următoarele: conductoare de cupru cositorite foarte flexibile (ff), conform STAS 1724-59; izolație pe bază de cauciuc siliconic tip M.S. (Anglia) aplicată prin extrudere. Construcția aleasă este indicată și în VDE 0283/1957.

Problema principală care s-a pus la fabricarea conductoarelor izolate cu cauciuc siliconic a fost găsirea procedeului tehnologic de prevulcanizare continuă, în aer cald, la presiunea normală. Principiul tehnologic a fost verificat cu ajutorul unui tub încălzit cu rezistență electrică. În baza experimentării acestui procedeu și pentru a obține parametrii optimi solicitați de mediul tropical s-a stabilit că trebuie să se lucreze în modul următor:

— plastificarea și omogenizarea amestecurilor de cauciuc siliconic trebuie făcute pe valțuri avînd cilindri răciți cu apă la temperatura sub + 30°C timp de 5—10 min în șarje de 5 kg;

— extruderea pe mașini normale de extruziune avînd grijă ca întregul utilaj tehnologic să fie răcit sub + 30°C;

— prevulcanizarea, necesară obținerii unei forme stabile a conductoarelor izolate, se face într-un tub cu aer încălzit la temperatura de 250—300°C, în funcție de secțiunea conductorului, de grosimea radială a izolației, de lungimea dispozitivului de prevulcanizare și de sortul de cauciuc utilizat;

— tratamentul termic la 250°C timp de 4—24 h, într-un cuptor încălzit electric cu circulație de aer.

Conductoarele izolate cu cauciuc siliconic, executate în condițiile tehnologice arătate, au dat în camera Weiss rezultate electrice și mecanice satisfăcătoare.

Măsurările electrice efectuate înainte și după condiționarea climatică sînt indicate în tabela 2.

Condițiile tehnice prescriu următoarele valori :

— rezistența de izolație, în stare finită, 100 MΩ·km ;

— rezistența de izolație, după 24 h în apă, 80 MΩ·km ;

— tensiunea de străpungere, 2 000 V timp de 20 min.

peratură și umiditate în camera Weiss, sînt corespunzătoare și se încadrează în limitele admise.

Pentru a avea o imagine concludentă, conexiunile izolate cu cauciuc siliconic au fost supuse apoi încercărilor micologice, obținîndu-se datele prezentate în tabelele 4 și 5. Încercările mecanice s-au făcut pe conexiuni în stare inițială și după îmbătrînire, obținîndu-se rezultate corespunzătoare.

Tabela 2

Denumirea conductoarelor încercate	Înainte de condiționare				După condiționare			
	rezistența de izolație MΩ·km		tensiunea de străpungere	factor de pierderi tg δ·10⁻²	rezistența de izolație, MΩ·km		tensiunea de străpungere	factor de pierderi tg δ·10⁻²
	inițială	după 24 h de menținere în apă			inițială	după 24 h de menținere în apă		
Conductoare de conexiuni cu secțiunea de 0,75 mm²	3,3·10²	1,25·10²	rezistă	3	3,25·10³	2,2·10²	rezistă	3,2
Conductoare de conexiuni cu secțiunea de 2,5 mm²	1,51·10²	1,3·10²	rezistă	2,8	1,8·10³	1,52·10²	rezistă	2,9
Conductoare de conexiuni cu secțiunea de 4 mm²	3,5·10²	2,5·10²	rezistă	3,1	1,15·10³	1,5·10²	rezista	3,2

Tabela 3

Denumirea conductoarelor încercate	Numărul epruvetei	Încercări după condiționare în camera Weiss (56 cicluri tip A)		Valori prescrise de British Standard 2899/2	
		rezistența la rupere, kgf/cm²	alungirea la rupere, %	rezistența la rupere, kgf/cm²	alungirea la rupere, %
Conductoare de conexiuni cu secțiunea de 0,75 mm²	1	36,2	100	minimum 35	minimum 250
	2	35,0	100		
	3	37,1	75		
	4	38	100		
Conductoare de conexiuni cu secțiunea de 2,5 mm²	1	38,2	230	minimum 35	minimum 250
	2	37,9	210		
	3	38,6	175		

Concomitent cu măsurările electrice s-a făcut și verificarea caracteristicilor mecanice (rezistența la rupere și alungire), obținîndu-se rezultatele înscrise în tabela 3.

Diagramele conținînd variațiile rezistenței de izolație R_{iz}, tangentei unghiului de pierderi tg. δ, rezistenței la rupere R_r ale izolației și alungirii la rupere λ_r în funcție de numărul de cicluri climatice pentru secțiunea de 2,5 mm² sînt date în figurile 3 și 4.

Măsurările electrice și mecanice efectuate asupra conexiunilor izolate cu cauciuc siliconic relevă că acestea, supuse condițiilor de tem-

Se poate deci menționa că prin tehnologia prescrisă se pot obține conexiuni izolate cu cauciuc siliconic pentru mașini electrice, cu performanțe bune, compatibile cu condițiile mediului tropical.

4.2. Cablu pentru pompe submersibile izolat cu cauciuc butil

Au fost supuse influenței factorilor climatici tropicali epruvete de cabluri pentru pompe submersibile cu dimensiunile conductoarelor de 3 × 2,5 — 3 × 10 mm², măsurîndu-se : rezistența de tracțiune, alungirea la rupere, rezis-

tența la mucegai (condiționarea micologică), rezistența la izolație și alți parametri.

Normativele care au stat la baza încercărilor au fost NF 32—100 și BS 2899/61.

Pentru realizarea cablurilor s-au utilizat ca izolație rețete de cauciuc butil în 3 faze de

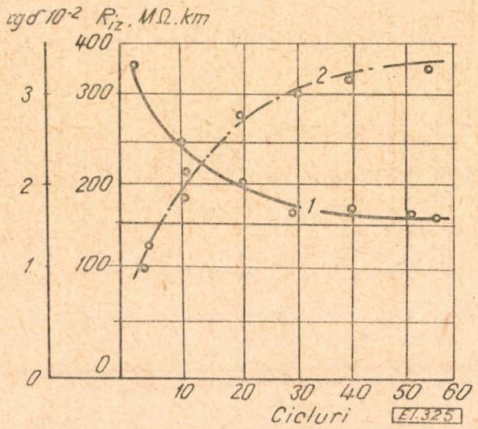


Fig. 3. Variația rezistenței de izolație R_{iz} și a tangentei unghiului de pierderi tgδ la conductoarele pentru conexiuni izolate cu cauciuc *Si* în funcție de numărul de cicluri.

amestec. Mai întîi amestecul primar s-a obținut pe un valț la temperatura de 100—110°C. Amestecul de cauciuc butil (Polysar — 100) împreună cu polietilenă (Fertene *QF*), amberol (ST—137 X) și parafină, obținut în prima fază se depozitează 30 zile la temperatura mediului ambiant. Apoi amestecul se încălzește pe un valț la temperatura de 70°C și se trece la izolarea conductoarelor de cupru, care se face prin extrudere cu o viteză de tracțiune de 3—4 m/min și la o temperatură de extrudere de 60—70°C.

După realizarea cablului au fost efectuate următoarele încercări:

— condiționarea climatică în camera Weiss, 56 cicluri la 40± 2°C și 95—100% umiditate;

— condiționarea micologică timp de 28 zile la 29±1°C și umiditate 95—100%.

S-au mai efectuat, dat fiind condițiile de funcționare a produsului, îmbătrînirea accelerată timp de 120 h la 100°C în etuvă electrică, îmbătrînirea termică prin înfășurarea pe dorn timp de 24 h la 120°C și imersie în ulei de transformator timp de 24 h la 20°C și 18 h la 120°C. Deci

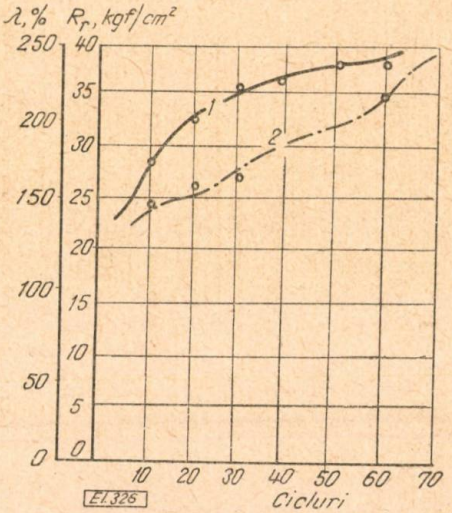


Fig. 4. Variația rezistenței la rupere R_r și a alungirii izolației λ_r, a conexiunilor *Si*.

Tabela 4

Parametrii	Unități de măsură	Valori impuse	Numărul epruvetelor	Înainte de condiționarea micologică	După condiționarea micologică
Rezistența de izolație R_{iz}	MΩ · km	100	1 2 3 4	1 100 1 000 450 850	960 900 420 760
Rigiditatea dielectrică în stare normală	V	2000 v—15′	—	2 000 v—15′	2 000 v—15′
Rigiditatea dielectrică (înfășurată pe dorn)	V	2000 v—5′	—	2 000 v—5′	2 000 v′—5′
Tangenta unghiului de pierderi tg δ·10⁻²	—	2,7	—	2,5	2,62

Tabela 5

Parametrii	Unități de măsură	Valori impuse	Înainte de condiționarea micologică		După condiționarea micologică	
			inițial	îmbătrînit	inițial	îmbătrînit
Rezistența la rupere	kg/cm²	minim 35	32	33,4	32,2	31
Alungirea la rupere	%	minim 250	182	150	215	170

condițiile climatice tropicale au fost combinate cu condiții de îmbătrînire accelerată pentru ca rezultatele să fie cît mai concludente.

Măsurările efectuate după condiționarea climatică au fost grupate în măsurări mecanice (rezistența la rupere și la alungire)

și măsurări electrice. Tabela 6 cuprinde rezultatele efectuate la probele mecanice.

Diagramele care conțin variațiile rezistenței de izolație R_{iz}, tangentei unghiului de pierderi tg δ, rezistenței la rupere a izolației R_r și alungirii la rupere λ_r, în funcție de numărul de cicluri climatice, pentru cablurile de pompe submersibile cu secțiunea 3×4 mm^2 sînt date în figurile 5 și 6.

Tabela 6

Denumirea cablurilor		Înainte de condiționare: rezistența la rupere, kgf/cm^2	Înainte de condiționare: alungirea la rupere, %	După condiționare: rezistența la rupere, kgf/cm^2	După condiționare: alungirea la rupere, %	Absorbție de ulei: 24 h la 20 °C, %	Absorbție de ulei: 18 h la 120 °C, %	Rezistența la flacără
Conducte cu secțiunea de $3 \times 2{,}5$ mm^2	izolația / mantaua	53,7 / 72,3	275 / 166	42,7 / 80,1	300 / 56	3,56	9,8	nu propagă
Conducte cu secțiunea de 3×4 mm^2	izolația / mantaua	54,1 / 81,0	280 / 191	45,3 / 85,7	292 / 108	3,24	9,2	nu propagă
Conducte cu secțiunea de 3×6 mm^2	izolația / mantaua	54,3 / 72,0	282 / 200	46,2 / 73,5	295 / 95	3,20	8,6	nu propagă
Conducte cu secțiunea de 3×10 mm^2	izolația / mantaua	51,8 / 76,8	284 / 178	40,3 / 82,7	300 / 125	3,15	9,3	nu propagă

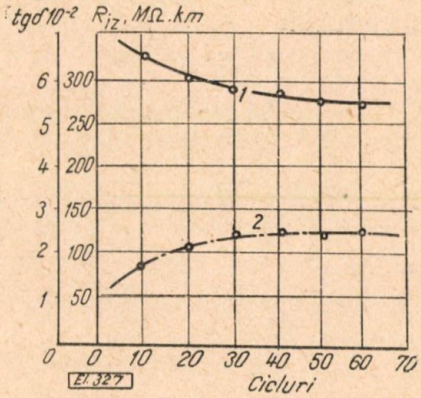


Fig. 5. Variația rezistenței de izolație și a tangentei unghiului de pierderi tg δ la cablurile pentru pompe submersibile izolate cu cauciuc butil.

La încercările electrice, cablurile pentru pompe submersibile, izolate cu cauciuc butil, care au fost supuse influenței factorilor climatici, se comportă bine. Astfel, rezistența de izolație R_{iz} obținută după condiționare este de $3{,}7 \cdot 10^3$ MΩ·km, față de valoarea admisă de 3 MΩ·km. De asemenea valoarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice este tg $\delta = 0{,}03$ față de 0,045.

4.3. Cabluri de măsură izolate cu policlorură de vinil (CMYY)

Au fost supuse măsurărilor climatice, adică la condiționarea climatică și condiționarea micologică, cabluri de tip CMYY pentru 500 V (c.a.) sau 1 000 V (c.c.), executat din următoarele elemente : cupru moale (STAS 4130-53), izolație de PVC (STAS 7014-64) și manta de PVC (STAS 7014-64).

Cablurile experimentate au fost executate pe un extruder avînd o temperatură a matriței și dornului de 80—90°C și o viteză liniară a conductoarelor de 30—40 m/min.

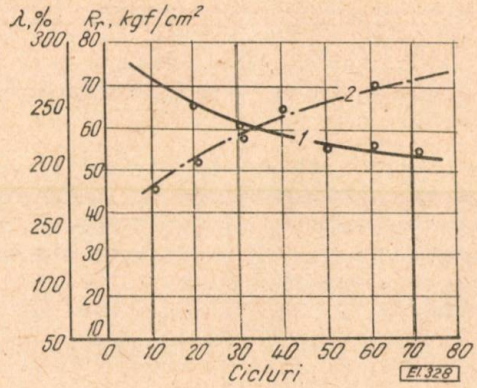


Fig. 6. Variația rezistenței la rupere R_r și a alungirii izolației λ_r, a cablurilor pentru pompe submersibile izolate cu butil.

4.3.1. Tratamentele și condiționările la care au fost supuse cablurile experimentate :

— tratament termic în etuvă termoreglabilă la 70°C și 100 h ;

— tratament la frig timp de 2 h la —20°C sau 2 h la —40°C pe dorn ;

— condiționarea climatică în mediu cald-umed ;

— condiționarea micologică.

4.3.2. Încercările efectuate au fost următoarele :

— flexibilitatea ;

— rezistența la frig ;

— rigiditatea dielectrică a cablului;
— rigiditatea dielectrică a conductoarelor izolate;
— rezistența de izolație.

4.3.3. Normativele care au stat la baza încercărilor au fost: STAS 6667-62 (Metode de încercare climatică), STAS 6692-63 (Tipurile de încercare climatică, punctul 3.2), STAS 6745-63 (Încercarea la acțiunea căldurii umede).

Pentru încercarea micologică, la baza încercărilor au stat STAS 6743-63 și NFC 442-62, care indică următoarea compoziție pentru suspensia de mucegai:

— aspergillus niger van Tieghem; aspergillus amstelodami (Mong), Thom și Church; paecilomyces varioti Bainer; Stachybotrys atra corda; penicillium brevi-compactum Diercks; penicillium cyclopium Westling și Chaetonium globossum Kunze.

4.3.4. Rezultatele obținute. După tratamentul termic al cablurilor CMYY experimentate în etuvă termoreglabilă timp de 100 h la temperatura de 70°C și condiționarea climatică cald-umed, făcută în camera Weiss timp de 72 cicluri, de 12 h la 40°±2°C și umiditate relativă de 95—100% și 5 h la temperatura de 25°±2°C și umiditate relativă de 95—100%, s-au efectuat încercările indicate la punctul 4.3.2 și s-au obținut următoarele rezultate.

Verificarea flexibilității izolației la 20°C s-a făcut prin înfășurare pe dorn la temperatura de 20°C. S-a constatat că mostrele de cablu experimentate nu au prezentat fisuri vizibile cu ochiul liber.

Verificarea rezistenței la frig s-a făcut pentru izolația conductoarelor cablului înfășurîndu-le pe dorn după menținerea prealabilă a acestora la temperatura de —20°C. Examinîndu-se mostrele nu s-au observat fisuri.

Rezistența la frig a mantalei cablurilor CMYY s-a verificat de asemenea prin înfășurare pe dorn la temperatura de —40°C. Nici în acest caz cablul nu a prezentat fisuri.

Verificarea caracteristicilor electrice. În cadrul verificărilor electrice efectuate asupra cablurilor CMYY s-a constatat că, deși cablurile rezistă înainte și după condiționare la tensiunea de încercare impusă de 2 000 V timp de 5 min, totuși rezistența de izolație a unui conductor față de toți ceilalți legați împreună, după condiționare în mediu TH, are valori, în cele mai multe cazuri, sub 40 MΩ·km, valoare care este prescrisă de N.I. 954-61.

Acest lucru scoate în evidență că sînt încă necesare măsuri de îmbunătățire a calității granulelor fabricate în țară în vederea obținerii unor granule de policlorură de vinil pentru scopuri electrotehnice la nivelul cerințelor actuale pentru mediu TH.

Încercările micologice. Pentru verificarea comportării cablurilor de tip CMYY la încercări micologice am verificat comportarea acestora bazîndu-ne pe rezultatele comparative obținute în funcție de cerințele: normei franceze NFC 441-62; normei franceze NFC 442-63C(B) și normativelor AFNOR (Association Française de Normalisations).

Rezultatele obținute sînt prezentate în tabela 7.

Simbolurile 0, 1, 2 sînt luate din STAS 6743-63, în care se dau următoarele explicații ale simbolurilor:

simbol clasa 0 — nu se observă nici o dezvoltare de mucegai la controlul microscopic al pieselor;
simbol clasa 1 — dezvoltare foarte slabă de mucegai; la controlul microscopic, se observă spori izolați;
simbol clasa 2 — dezvoltare slabă de mucegai; la controlul microscopic se observă dezvoltarea majorității sporilor și formarea de micelii; se pot observa și spori angiofori.

Rezultatele înscrise în tabela 7 arată că izolația și mantaua de policlorură de vinil nu s-au comportat în condiții satisfăcătoare la acțiunea amestecurilor de ciuperci, caracteristice mediului TH, deoarece au prezentat dezvoltări de mucegai la încercările efectuate conform normelor NFC 441-62 și NFC 442-63 C(B).

Tabela 7

Denumirea mostrelor	NFC 441-62	NFC 442-63 (B)	AFNOR
Manta PVC cablu tip CMYY	0.1.0	0.0.0	0.0.0
Izolație PVC conductoare cablu tip CMYY	0.1.0	2.2.2	0.0.0

Acest lucru pune în evidență comportarea slabă și din punct de vedere micologic a policlorurii de vinil folosite la izolarea cablurilor CMYY experimentate, datorită existenței unor plastifiante și stabilizatori necorespunzători, folosiți la rețetele de policlocură de vinil indigenă.

5. Concluzii

a) Din experiențele efectuate reiese compatibilitatea conductelor de conexiuni izolate cu cauciuc siliconic de tip FffSi, cu condițiile impuse de mediul TH.

b) Cablurile electrice pentru pompe submersibile izolate cu cauciuc butil care au fost supuse influenţei factorilor climatici tropicali au dat rezultate bune la acţiunea climatului tropical umed.

c) Condiţiile de fabricaţie şi calitatea cablurilor şi conductoarelor izolate cu cauciuc siliconic şi cauciuc butil, fabricate în ţară, asigură obţinerea unor produse de nivel tehnic corespunzător cerinţelor actuale pentru mediu climatic tropical umed.

d) Cablurile de măsură de tip CMYY, supuse încercărilor prescrise de normele interne şi internaţionale pentru mediu TH, s-au comportat nesatisfăcător la cerinţele mediului TH, datorită calităţii granulelor de policlorură de vinil, care nu întrunesc condiţiile impuse de factorii climatici tropicali.

e) Este necesară îmbunătăţirea calităţii granulelor policlorură de vinil pentru scopuri electrotehnice, care se fabrică în ţară la fabricile de mase plastice din Bucureşti şi Iaşi.

Acest lucru se impune atît pentru obţinerea unor cabluri electrice necesare consumului intern cu caracteristici superioare, izolate cu policlorură de vinil, cît şi pentru cablurile care vor fi eventual exportate în ţări cu climat tropical umed.

Bibliografie

[1] *Artbauer, J.* Kabeln und Leitungen. Berlin, VEB-Verlag Technik, 1961.

[2] *Cruceru, C.* Izolarea şi protejarea cablurilor şi conductoarelor electrice cu materiale termoplaste şi cauciucuri sintetice. În: Electrotehnica **11**, nr. 10, p. 376–383.

[3] *Brinkman, K.* şi *Beyer, M.* Fortschritte bei der elektrischen Trocknung von Hochspannungskabeln. În: ETZ-A **77**, 1956, p. 880–884.

[4] *Walder, V. T.* Polyethylene for wires and cables. În: Electronic Engineering, tom. **71**, nr. 1, 1952, p. 59–64.

[5] *Privizenţev, V. A.* şi *Sarle, D. L.* Kabeli i provada. Moscova, Gosenergoizdat, 1959.

[6] *Răduleţ, R.* Enciclopedia materialelor electroizolante. În: Electrotehnica, nr. 1, 1962, p. 18–29.

Intrat în redacţie la 23.XI.1964

RECENZII

CZ 538.114 : 621.318.22(021)

CHIKAZUMI SOSHIN. **Physics of Magnetism.** New York, John Wiley & Sons, 1964, XII + 554 pag., 384 fig.

Cartea este alcătuită pe scheletul unei lucrări anterioare a aceluiaşi autor, anume „Physics of Ferromagnetism", apărută în anul 1959 în editura „Syokabo Publishing Company" Tokio, la care, pe de o parte, s-au adus completări şi actualizări la zi, iar pe de altă parte, s-au introdus capitole noi, ca feromagnetismul etc. La alcătuirea ediţiei de faţă a colaborat şi Stanley N. Charap, de la I.M.B.

Autorul lucrării, profesor de fizica solidului la Universitatea din Tokio, cunoscut prin lucrările sale legate de domeniul fizicii magnetismului, privind magnetizarea intrinsecă, teoria şi structura domeniilor în benzi şi straturi subţiri, anizotropia magnetică intrinsecă şi indusă, magnetostatica etc., s-a preocupat să prezinte tocmai analiza fizică a fenomenelor magnetice, lăsînd la o parte tratarea teoretică riguroasă, care face mai mult obiectul fizicii teoretice şi care necesită cunoştinţe de mecanică cuantică şi un aparat matematic pretenţios. Nivelul de prezentare presupune cunoscute numai bazele electromagnetice şi ale fizicii atomice, iar din punctul de vedere al aparatului matematic, acesta, în general, nu depăşeşte cunoştinţele care se predau în institutele tehnice superioare. Lucrarea pe care o prezentăm poate fi considerată ca o punte de legătură între lucrările de teorie pură asupra magnetismului şi cele tehnice de descriere a proprietăţilor şi aplicaţiilor materialelor magnetice. Cartea, aşa cum indică autorul în prefaţă, este scrisă în spiritul aceleia a lui R. Becker şi Döring „Ferromagnetismus", publicată în editura J. Springer, şi care a constituit mult timp lucrarea clasică de bază în acest domeniu, cum şi aceleia a lui Zaimovski şi Usov „Metale şi aliaje electrotehnice", apărută la Moscova (Gosenergoizdat), în anii 1949 şi 1954, care are însă un aspect mai aplicativ şi legat de condiţiile specifice ale producţiei sovietice.

Lucrarea urmează o înşirare logică a fenomenelor, începînd cu elementele de magnetostatică generală şi de magnetizare a corpurilor, şi se termină cu descrierea şi aplicaţiile industriale ale materialelor magnetice. Este împărţită în şase părţi:

Partea întîi, în care se tratează fenomenele magnetice, în general, este alcătuită dintr-un capitol cu privire la substanţele magnetice, şi din altul privind magnetizarea corpurilor feromagnetice, şi are un aspect mai mult introductiv; cuprinde elementele generale de magnetostatică, clasificarea genurilor de magnetism, descrierea curbelor de magnetizare, a ciclului de hysterezis, cum şi a factorului de magnetizant şi a circuitelor magnetice. În încheiere se prezintă descrierea principială a metodelor de măsură a magnetizării şi a cîmpului magnetic.

Partea a doua se referă la magnetizarea intrinsecă şi este alcătuită din trei capitole, tratînd pe rînd originea magnetismului, a feromagnetismului şi ferimagnetismului. După ce se demonstrează efectul magnetic al spinului, bazat pe experienţele efectului giromagnetic şi al rezonanţei feromagnetice, cum şi situaţia atomilor liberi, pentru care se prezintă un model vectorial, se trece la prezentarea teoriei lui Langevin asupra paramagnetismului, şi la aceea a lui Weiss asupra feromagnetismului, a antiferomagnetismului, a ferimagnetismului, împreună cu descrierea sumară a magnetizării intrinsece a aliajelor feromagnetice şi a oxizilor, respectiv compoundurilor ferimagnetice.

Partea a treia se referă la structura domeniilor magnetice şi tratează în şase capitole, succesiv, principiul general al domeniilor magnetice, anizotropia magnetică, magnetostricţiunea, proprietăţile pereţilor domeniilor, energia magnetostatică şi structura domeniilor. După ce se prezintă ideea generală a domeniilor magnetice, proprietăţile acestora şi consecinţele asupra magnetizării, se analizează, pe rînd, funcţional şi cantitativ, fenomenele care intervin în determinarea pereţilor şi geometriei domeniilor, analizîndu-se, pe baza acestora, structura pereţilor care despart domeniile orientate la 180 şi 90°, prezentîndu-se scheme şi fotografii ale acestora.

Partea a patra (cinci capitole) se referă la procesul de magnetizare, tratînd, succesiv, curba de magnetizare legată de structura domeniilor, procesul de magnetizare reversibil şi ireversibil, efectele legate de magnetizare şi procesul de magnetizare dinamic. Această parte, care împreună cu partea a treia formează centrul lucrării, începe prin descrierea fenomenelor legate de magnetizarea statică, adică de conformaţia domeniilor la remanenţă, la tensiunea coercitivă nulă, la

saturație, la rotația magnetică ireversibilă și la deplasarea ireversibilă a domeniilor, cum și la efectele secundare legate de magnetizare. Această parte se termină cu procesul dinamic de magnetizare, care cuprinde pierderile prin : curenți turbionari, relaxarea spinurilor și rezonanță, procesele dinamice legate de rotirea spinurilor, ecuațiile de mișcare a pereților domeniilor și diferitelor moduri de rezonanță, fero, feri și antiferimagnetică.

Partea a cincea tratează în cinci capitole probleme speciale privind anizotropia magnetică indusă prin tratare termică, laminare etc., feromagnetismul straturilor subțiri, firelor subțiri și particulelor fine, efectul galvanomagnetic, termomagnetic, mecanomagnetic, configurația triangulară și elicoidală a spinilor, structura electronică și proprietățile magnetice ale pămînturilor rare, cum și a compoundurilor și a aliajelor magnetice conținînd pămînturi rare. Tot în această parte se descriu, pentru investigarea structurii magnetice interne, metode bazate pe difracția neutronilor, a măsurării cîmpului intern în nucleu, prin rezonanța magnetică și efectul Mössbauer.

Partea a șasea tratează aplicațiile industriale ale materialelor magnetice în două capitole, unul despre caracteristicile materialelor magnetice care se produc actualmente în industrie și altul despre aplicațiile practice ale acestor materiale. Se descriu proprietățile materialelor metalice, ale pulberilor presate și ale feritelor din care se confecționează miezurile magnetice, cum și magneții permanenți, proprietățile miezurilor alcătuite din aceste materiale și utilizările în matrice cu memorie magnetică, în redresoare cu contact, în amplificatoare magnetice, în multiplicatoare de frecvență, în parametroane, cum și în aplicațiile proprietăților giromagnetice, ca giratorul și maserul, care folosesc proprietățile giromagnetice ale substanțelor paramagnetice.

La sfîrșitul fiecărui capitol se află bibliografia propusă spre consultare și o listă de probleme propuse spre rezolvare. O listă de 40 referințe generale, soluțiile problemelor propuse, șase apendice și un index pe autorii citați și pe subiectele tratate încheie lucrarea. Cele șase apendice conțin simbolurile folosite, ecuațiile fundamentale ale magnetismului, tabele de conversiune pentru mărimi magnetice în sistemele MKSA și cgs, precum și pentru diferitele unități de energie, valorile unor constante mai importante și tabela periodică a elementelor.

De observat că în toată lucrarea se folosesc numai unitățile MKSA, însă deoarece mulți cercetători sînt obișnuiți cu valorile mărimilor din sistemul cgs, autorul a considerat util să prezinte în text tabele, figuri etc., pe lîngă valorile în unități MKSA și cele în cgs.

Lucrarea este scrisă foarte clar și didactic și astfel organizată încît poate fi citită fără a fi necesară consultarea în paralel a altor lucrări. Bibliografia citată (800 referințe) este bogată și la zi, cuprinzînd, în special, literatura anglo-saxonă și japoneză. Cititorul poate găsi o documentare bogată asupra literaturii japoneze, cu care, probabil, că este, în general, mai puțin familiarizat.

În general, foarte bine echilibrată ca întindere a capitolelor, lucrarea ar fi putut dezvolta poate ceva mai mult capitolul referitor la magnetizarea dinamică, avînd în vedere actualitatea acestor probleme în literatură și importanța mare pe care o prezintă în studiul teoretic al tuturor aplicațiilor materialelor magnetice și prezentînd unele modele de magnetizare, ca de exemplu, modelul lui Friedlaender, Woodson, Agarwaal, György etc., astfel încît puntea de legătură cu problemele puse de tehnica industrială să fie cît mai eficientă.

Prin conținutul său cartea se adresează studenților din institutele superioare, cum și inginerilor, fizicienilor și cercetătorilor care lucrează, în special, în domeniul materialelor magnetice și aplicațiilor acestora, cum și acelora care se interesează de fizica magnetismului. De asemenea, ea constituie un material foarte prețios pentru cercetătorii care se ocupă de tehnica elementelor neliniare magnetice, amplificatoarelor magnetice, a elementelor logice magnetice, calculatoarelor electronice, mașinilor electrice, magneților permanenți etc. și care, provenind în majoritate din institutele tehnice superioare în al căror program n-a figurat studiul fizicii magnetismului, se resimt de lipsa cunoștințelor de fizică. Pe măsura dezvoltării acestor noi domenii și a creșterii performanțelor, cunoașterea fundamentului fizic devine o necesitate indispensabilă. Prin structura sa și prin modul de tratare, această lucrare umple cu siguranță un gol în literatura mondială și poate constitui un manual de referință pentru un curs de fizica magnetismului, atît pentru institutele tehnice superioare, ca bază pentru cursurile tehnice privind aplicațiile magnetismului, cît și pentru institutele cu profil teoretic, ca prezentare a fenomenelor fizice studiate teoretic.

D. Fințescu

CZ 621.318.423 : 621.316.543.1

A. P. Neeston. **Squarel-loop ferite core switching** (Comutarea cu miezuri de ferită cu ciclu dreptunghiular). Ed. tehnică Philips (în limbile engleză, franceză și germană), 1964, 185 pag., 102 fig., 4 oscilograme.

Calculul elementelor neliniare și, în particular, al circuitelor cu miezuri fero sau ferimagnetice constituie o problemă actuală de un deosebit interes, ținînd seamă de rapida dezvoltare și de utilizarea acestora în multe domenii. Față de metodele folosite, în general, la dimensionarea circuitelor, metode mai mult sau mai puțin empirice, și deci laborioase, în ultimul timp au început să se manifeste tendințe privind dezvoltarea unor metode analitice de calcul. În general, acestea suferă fie de ignorarea sau de simplificarea prea adîncă a fenomenelor fizice de magnetizare, specifice materialelor moderne cu ciclu de histerezis dreptunghiular, în vederea obținerii unor relații analitice ușor de utilizat avînd dezavantajul inexactității rezultatelor, fie invers, prin considerarea atentă a procesului de magnetizare avînd dezavantajul unor relații analitice complicate și greu de utilizat în practică.

În lucrare, al cărui autor este cunoscut din publicațiile apărute relativ la calculul circuitelor de comutare și tehnica impulsurilor, se tratează o metodă generală de calcul pentru circuitele de comutare cu ferite folosite în majoritatea aplicațiilor. Prin considerarea fenomenelor fizice fundamentale și, în special, prin alegerea judicioasă a momentelor în care să se opereze simplificările, expresiile analitice care se obțin sînt simple și utilizabile imediat, dînd rezultate foarte bune.

Cartea este împărțită în 19 capitole.

Primele trei capitole cu caracter introductiv se ocupă de procesul de magnetizare a materialelor feromagnetice prin rotația dipolilor și prin deplasarea pereților domeniilor, și prezintă rezumativ relațiile magnetice și electrice în regim staționar al bobinelor cu miez din ferite, respectiv ciclul de histerezis static.

În capitolele patru și cinci, de fapt baza de plecare pentru toate dezvoltările ulterioare, se expun premisele teoretice și se deduc relațiile analitice privind procesul de comutare în regiunile ireversibile ale ciclului de histerezis dinamic pentru un miez de ferită neîncărcat. Rezultatele deduse în aceste capitole sînt folosite apoi în restul cărții, pentru diferite cazuri și sînt comparate cu rezultatele experimentale obținute prin oscilogramele anexate la sfîrșitul lucrării.

Pentru stabilirea relațiilor analitice, autorul pornește de la premisa că procesul de magnetizare, cel puțin pentru frecvențele de comutare întîlnite în majoritatea cazurilor practice, are loc numai prin deplasarea pereților domeniilor, neluînd în considerare magnetizarea prin rotație. Relația de bază, folosită pentru descrierea procesului de magnetizare, este aceea binecunoscută a lui Chen și Papoulis :

$$\frac{d\Phi}{dt} = f(\Phi)(F - F_0) \qquad (1)$$

folosită de mulți autori, ca : Lindsey, Goldstick și alții ; Kiseda și alții ; Hilberg, Stegmeier, Liem și alții etc. Pentru funcția $f(\Phi)$ autorul adoptă o expresie de forma

$$f(\Phi) = r\sqrt{2\Phi/\Phi_m - (\Phi/\Phi_m)^2},$$

care reprezintă un semicerc, formă folosită, de fapt, și de unii dintre autorii amintiți și care se apropie destul de bine de rezultatele experimentale. Cu această simplificare și prin

folosirea expresiei analitice pentru $f(\Phi)$, prin integrarea relației lui Chen și Papoulis, autorul obține:

$$\Phi = \Phi_m \left(1 - \cos \frac{F - F_0}{\Phi_m / r} t\right) \tag{3}$$

și, respectiv,

$$\frac{d\Phi}{dt} = (F - F_0)\, r \frac{F - F_0}{\Phi_m / r} t, \tag{4}$$

relație care concordă cu rezultatele experimentale prezentate prin oscilogramele anexate la sfîrșitul cărții. Cu aceste relații se definește comportarea unui miez cu o singură înfășurare, dacă se cunosc cele două mărimi Φ_m și r.

În următoarele trei capitole se stabilesc relațiile analitice pentru miezuri încărcate cu sarcină rezistivă, inductivă și mixtă, plecîndu-se de la relațiile indicate mai sus.

În capitolele 9 și 10 se stabilesc similar relațiile pentru miezuri, comportînd o înfășurare încărcată cu alte miezuri, și se prezintă o comparație între rezultatele analitice stabilite în capitolele anterioare și cele obținute experimental, scoțîndu-se în evidență buna concordanță.

Se prezintă apoi o aplicare a relațiilor stabilite în capitolele precedente la calculul memoriilor magnetice cu comutarea miezurilor prin coincidență de curent. După ce se analizează problemele care se pun pentru dimensionare, se stabilesc metode analitice și abace de calcul, se analizează condițiile care trebuie îndeplinite de curenții de comutare și de comandă a surselor acestor curenți și se dau exemple de calcul și de metodologie pentru proiectarea unei matrice de comutare cu miezuri din ferite.

În continuare se analizează problema miezurilor cu un raport mare între diametrul exterior și cel interior și se stabilesc relații de corecție, care să țină seamă de variația intensității cîmpului cu diametrul.

Se analizează apoi comportarea miezurilor la excitații, altele decît trepte de curent. Se tratează succesiv cazul excitației cu funcție exponențială și al excitației cu funcție rampă.

În capitolele 14 și 15 se tratează aplicarea relațiilor fundamentale stabilite în capitolele anterioare în alte sisteme de memorie cu miezuri de comutare.

În capitolul 16 se tratează problema pierderilor în miezuri datorită procesului de reversare a magnetizării și care limitează frecvența de comutare. Se analizează cazul miezurilor neîncărcate și încărcate cu sarcină rezistivă sau inductivă. Se face apoi o aplicație pentru cazul unor memorii magnetice.

În capitolul următor se analizează procesul de comutare în cazul în care înfășurarea de excitație se alimentează de la o sursă de tensiune. Pînă la acest capitol au fost considerate numai surse de curent. În prima parte a capitolului se analizează succesiv cazul miezului neîncărcat și încărcat pentru tensiuni de excitație treaptă și rampă. În partea a doua a capitolului se dau exemple detaliate de aplicații, unde excitația provine de la o sursă de tensiune, ca numărătoare prin integrare, generatoare de impulsuri și oscilatoare.

În capitolul 18 se dau exemple de aplicare a metodelor de calcul la registre de deplasare.

În ultimul capitol se prezintă calculul ciclului de histerezis dinamic al miezurilor la care magnetizarea are loc de la o sursă de curent sinusoidal sau cu undă dreptunghiulară, fie de la o sursă de tensiune sinusoidală sau dreptunghiulară.

Lucrarea se încheie cu o listă bibliografică a referințelor citate și 54 de oscilograme. Bibliografia, deși cuprinde numai 35 de referințe, prinde totuși toate lucrările importante din literatura engleză, olandeză și germană referitoare la stabilirea premiselor de calcul. Deoarece metodele dezvoltate sînt în mare măsură originale, nu sînt însoțite de referiri bibliografice.

Referitor la primele patru capitole se pot face unele observații. În primul rînd, capitolul 2 este unicul care descrie procesul de magnetizare și se referă, atît prin titlu, cît și prin conținut, la magnetizarea materialelor feromagnetice, în timp ce întreaga lucrare se referă la materiale ferimagnetice. Ar fi fost necesar să existe și o prezentare sumară a ferimagnetismului. În al doilea rînd, multe dintre metodele de calcul, poate chiar foarte multe, se pot aplica cu succes și la miezuri în formă de tor din aliaj fier-nichel de grosimi foarte mici, probabil sub 0,025 mm, acolo unde influența curenților turbionari este neglijabilă și pentru care funcția $f(\Phi)$ din relația (2) aproximată printr-un semicerc nu se depărtează mult de rezultatele experimentale indicate în literatură. Acest lucru nu apare în lucrare și ar fi fost poate bine de arătat într-un fel, chiar și în titlu, lărgind sfera de aplicare a lucrării.

În sfîrșit ar fi fost indicat să se fi precizat limitele de aplicare a metodelor de calcul în ceea ce privește frecvența de comutare și o discuție referitoare la modelul de magnetizare rațional al lui Eyagi.

Lucrarea, avînd un pronunțat conținut original, este tratată foarte clar și cu competență, experiența și cercetările specialiștilor din laboratoarele Philips în domeniul feritelor fiind binecunoscute. Modul de prezentare grafic și editorial este impecabil.

Lucrarea se adresează specialiștilor care lucrează în proiectarea și calculul circuitelor de comutare cu ferite, constituind un material foarte prețios. De asemenea, lucrarea servește studenților care se specializează în domeniul comutației statice sau celor care se pregătesc pentru acest domeniu.

D. Fințescu

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 537: 621.3.0

Gasperini, F. **Determinarea cîmpurilor armonice cu metoda perturbației** (La determinazione dei campi armonici con metodo di perturbazione). În: L'Elettrotecnica **52**, nr. 3 bis, 1965, p. 241—247, 4 fig., 1 tab., 2 ref. bibl.

Se propune o metodă de determinare experimentală a valorilor locale a cîmpurilor armonice (rezolvarea problemei lui Dirichlet) cu condiții date pe contur, bazată pe perturbația produsă de introducerea în cîmp a unui mic corp eterogen (sondă), stabilindu-se relații între valorile de punct și variațiile energiei, cauzate de perturbație. Se obțin formulări deosebit de simple pentru cazul cîmpurilor produse de curenți și pentru cîmpurile electrostatice, și se dau modele de rezolvarea problemei cînd perturbația este produsă de un corp izolant și de un corp conductor avînd formă sferică sau cilindrică; se scot în evidență posibilitățile aplicării metodei pentru măsurarea directă a intensității cîmpurilor electrostatice din medii gazoase și din medii lichide, pentru care aplicarea altor metode întîmpină dificultăți mari.

L. V.

CZ 529.7: 539.1

Vieweg, R. **În legătură cu introducerea pe scară internațională a unui etalon de frecvență atomic** (Zur internationalen Einführung eines atomphysikalischen Frequenz-Etalons). In: ETZ-A **86**, nr. 7, 1965, p. 197—198, 3 ref. bibl.

Se arată că pînă în anul 1956 unitatea de timp era definită ca a 86 400 parte din ziua solară medie; această definiție însă nu mai satisface cerințele actuale ale științei. În 1956 Comitetul internațional pentru măsuri și greutăți a hotărît să ia

ca etalon pentru unitatea de timp „timpul după efemeride". Deoarece nici această unitate de timp nu mai satisface exigenţele ştiinţei şi tehnicii moderne, Conferinţa a 12-a generală pentru măsuri şi greutăţi din 1964 a decis să se folosească drept etalon de timp frecvenţa atomului de cesiu 133 neperturbat, adică 9192631770 Hz pînă cînd se va putea dispune de etaloane şi mai precise ; în prezent rămîn în vigoare ambele metode de definire a frecvenţei şi deci a timpului etalon.

L. V.

CZ 538.312.001.24

Ilovici, A. **Justificarea raţionalizării unor mărimi care intervin în ecuaţiile ce caracterizează fenomenele electrice şi electromagnetice** (Justification de la rationalisation de certaines grandeurs qui interviennent dans les équations concernant les phénomenes électriques, électromagnetiques et magnetiques et de ces équations). În : Revue Générale de l'Électricité, tom. **74**, nr. 4, 1965, p. 299—304.

Se arată că pentru obţinerea ecuaţiilor cu mărimi raţionalizate pentru cîmpul electric produs de sarcinile electrice în repaus şi pentru cîmpul magnetic produs de curentul electric este necesar să se înlocuiască D' — denumită, în general, inducţie electrostatică prin mărimea $D = \frac{D'}{\pi}$, prin care Maxwell a notat deplasarea. Autorul justifică necesitatea acestei înlocuiri, arătînd că D' reprezintă într-o formă incompletă fenomenul pe care-l caracterizează, în timp ce D îl reprezintă mult mai complet.

Se scriu ecuaţiile care folosesc D', pe care autorul le consideră ca nefiind valabile, arătîndu-se totodată cum se scriu ecuaţiile corecte cînd se foloseşte mărimea D. Se arată cum se justifică raţionalizarea, dîndu-se exemple prin scrierea ecuaţiilor ce redau forţa coulombiană, mărimea D, energia cîmpului electrostatic, legea circuitului magnetic şi fluxul cîmpului electric. Se precizează că noua formă de scriere a mărimilor electrice şi magnetice şi a ecuaţiilor ce redau legile şi teoremele din electrotehnică permite să se suprime raţionalizarea, pe care o parte a inginerilor şi tehnicienilor o consideră relativ complicată. Deşi Comitetul Electrotehnic Internaţional (C.E.I.) aplică aceste principii, dar nu le explică în detaliu, autorul consideră că cele relatate în articol lămuresc, în mare parte, oportunitatea raţionalizării şi importanţa ei teoretică şi practică.

A. C.

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.333.012.8

Schonfeld, R. **Diagrama funcţională a maşinii asincrone** (Das Signalflussbild der Asynchron-maschine). În : Messen-Steuern-Regeln **8**, nr. 4, 1965, p. 122 — 128, 6 fig., 2 ref. bibl.

Autorul descrie o metodă prin care cele mai importante funcţii de transfer ale maşinii asincrone se pot deduce din ecuaţiile motorului cu inele colectoare, rezultînd expresii uşor de interpretat, putîndu-se recunoaşte din caracteristicile de frecvenţă influenţa parametrilor care depind de punctul de funcţionare. Diagramele funcţionale ale motorului cu rotorul în scurtcircuit şi ale celui cu inele colectoare pentru o tensiune statorică constantă sînt date sub forma în care sînt folosite şi pentru motoarele de curent continuu, ceea ce permite compararea directă a calităţilor acestor maşini.

L. V.

CZ 621.313.322—81.001.2

Scheurer, F. **Reflexii asupra perspectivelor de viitor a turboalternatoarelor** (Réflexions sur les perspectives d'avenir des turbo-alternateurs). In : Revue Générale de l'Électricité **74**, nr. 3, martie 1965, p. 253—261, 4 fig., 1 tab., 8 ref. bibl.

După ce se expun o serie de date privitoare la evoluţia turboalternatoarelor se insistă în special asupra tehnicii actuale de construcţie a maşinilor generatoare de mare putere. Evoluţia caracteristicilor turboalternatoarelor fabricate în Franţa este dată în tabela 1.

Tabela 1

Caracteristici	1930	1956	1956	1960	1963
Puterea nominală, MW	50	55	125	250	600
Tensiunea la borne, kV	13,5	10,3	15,5	20	20
Cos φ	0,7	0,8	0,8	0,86	0,9
Viteza de rotaţie, rot/min	1 500	3 000	3 000	3 000	3 000
Răcirea	aer				Hidrogen
Dimensiuni :					
Diametrul carcasei, m	—	3,5	—	—	3,95
Lungimea statorului, L_S	3,156	2,75	47	4	6,5
Diametrul rotorului, d_R	1,6	0,836	1,08	1,05	1,15
Greutăţi : stator, t ;	135	86,5	160	208	320
rotor, t ;	65	18,5	43	43	73
greutatea specifică, t/MW	4	1,91	1,62	1	0,66
Puterea pe m^2 de întrefier (MW/m^2), %	3,43	7,62	7,95	19,3	25,8
Randamentul	97,24	98,58	98,58	98,96	98,91

Se fac o serie de precizări privind folosirea oţelului pentru stator şi rotor, a cuprului pentru conductoare, precizîndu-se ce tipuri se prevăd a se folosi, a materialelor izolatoare, şi se fac consideraţii asupra pierderilor ce au loc în fier şi cupru, indicîndu-se ca sistem de răcire hidrogenul sub presiune. După ce se arată că în unele ţări s-au luat o serie de măsuri practice de trecere la proiectarea unor grupuri de 800 MW şi chiar 1 000 MW se precizează că puterea unitară a grupurilor va atinge probabil, în 1975, cifra de 1 GW pentru grupurile în funcţiune, 2—2,5 GW pentru cele ce urmează să fie instalate în jurul anului 1985 şi 5—7 GW pentru grupuri de mare putere care vor fi gata de montare şi chiar exploatare în jurul anului 2000. De asemenea, se schiţează perspectiva folosirii unor asemenea turboalternatoare — în cadrul centralelor de mare putere în care s-ar folosi şi generatoare magnetohidrodinamice.

A. C.

CZ 621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.314.2

Fiorino, G. şi Gorini, I. **Probe indirecte asupra transformatoarelor de curent** (Prove indirette sui transformatori di corrente). În : L'energia Elettrica **40**, mai 1963, p. 878—898.

Se propune o metodă de determinare a erorilor de măsură a transformatoarelor de curent în orice condiţii de funcţionare, plecîndu-se de la erorile măsurate în anumite condiţii de funcţionare. Pe baza unui număr limitat de probe se pot astfel determina erorile transformatoarelor de măsură într-un număr variat de condiţii de funcţionare. Determinarea directă a erorilor în condiţii de scurtcircuit necesită instalaţii costisitoare, aparatură specială, supunîndu-se în acelaşi timp trans-

formatorul de măsură la solicitări termice şi dinamice periculoase. Se dau definiţiile erorilor de măsură : eroarea de raport de transformare, eroarea de unghi. Se defineşte raportul relativ complex sau factorul de corecţie şi se stabilesc relaţiile dintre eroarea de raport şi de unghi şi raportul relativ complex.

Demonstraţiile teoretice se fac plecîndu-se de la schema echivalentă în T a transformatorului de măsură. Circuitul echivalent se poate determina pe baza mărimilor ce se pot măsura la borne.

Schema echivalentă în T oferă posibilitatea, cu o suficient de bună aproximaţie, să se ţină seamă de fenomenele care depind de saturaţia fierului. Căderea de tensiune şi curentul prin impedanţa de magnetizare (Z_s) se presupun a coincide cu t.e.m. şi curentul de magnetizare. Raportul relativ complex $\left(\dot{A} = \frac{\dot{I}_1}{K_n \dot{I}_2}\right)$ se poate determina ca modul şi unghi dintr-o probă cu comparatorul, pentru diferite valori ale impedanţei de sarcină (Z) şi ale impedanţei de magnetizare (Z_b) funcţie de diferitele condiţii de funcţionare. Se pot găsi însă trei condiţii particulare pentru care Z_b va avea o aceeaşi valoare. Pe această bază rezultă că metoda propusă se rezumă la următoarele : găsirea unor condiţii de probă în care Z_b să ia o anumită valoare, se fac unele simplificări ale calculului, se determină curba caracteristică a lui Z_b, folosindu-se comparatorul pentru Z foarte mare şi la mersul în gol (alimentare pe secundar cu primarul deschis). După stabilirea relaţiilor de dependenţă a erorilor de măsură de condiţiile de funcţionare, în planul complex al lui $\dot{A}$ sînt trasate curbele pentru curent de magnetizare constant, se face transformarea planului lui $\dot{A}$ în planul $\dot{A}^*$ şi se studiază proprietăţile particulare ale planului $\dot{A}$ din care rezultă relaţii liniare între parametrii ce definesc circuitul echivalent în T. Se determină în continuare toţi parametrii circuitului echivalent printr-o metodă grafică şi una analitică, făcîndu-se unele ipoteze simplificatoare. Se dau relaţiile analitice simplificate din care se poate deduce curba erorilor relative pentru diverse valori ale impedanţei totale a transformatorului de măsură. Pentru determinarea erorilor în condiţii de scurtcircuit se face o probă în condiţii nominale, măsurîndu-se valorile nominale ale curenţilor şi factorul de supracurent, se determină curentul maxim secundar la care dorim să găsim erorile. Se face o probă suplimentară la un curent secundar ales arbitrar, dar nu mai mare ca I_{2max} şi cu ajutorul relaţiilor anterioare se determină curba de erori.

Referitor la precizia determinărilor prin proba indirectă trebuie menţionat că nu se ţine seamă de armonicile introduse de saturaţia miezului. De aceea metoda propusă este afectată de erori sistematice şi numai un număr foarte mare de probe poate da valori sigure asupra erorilor. Dar metoda este comodă şi economică.

Gh. N.

CZ 621.314.2.025.3 : 534.23.31

Cervini, G. C. **Punerea în evidenţă statistică a zgomotului transformatoarelor trifazate** (Rilievi statistici di rumorosita di transformatori trifazi). În : L'Elettrotecnica **52**, nr. 4, 1965, p. 284—288, 11 fig., 2 tab., 1 ref. bibl.

Se prezintă rezultatele măsurărilor de zgomot efectuate asupra a două serii de transformatoare trifazate la Institutul electrotehnic naţional Galileo-Ferrari-Torino, dîndu-se indicaţii asupra distribuţiei statistice pentru transformatoarele uzuale în ceea ce priveşte zgomotul pe care îl produc. Încercările au fost făcute în camera anecoică după norma NEMA, folosindu-se un aparat de măsurat nivele acustice, care îndeplinea prescripţiile recomandate de IEC. Microfonul a fost aşezat în diverse poziţii în jurul transformatoarelor care funcţionau în gol, alimentate cu o tensiune a cărei valoare era cu 10 % mai mare decît tensiunea nominală.

Rezultatele măsurărilor se dau sub formă de tabele şi grafice cuprinzînd nivelele acustice exprimate în valori ponderate A, spectrele obţinute prin analiza spectrală, variaţiile nivelelor acustice în funcţie de tensiunea de alimentare şi comparaţia între directivitatea zgomotului emis de trei dintre transformatoarele încercate.

L. V.

CZ 621.314.21.001.4

Ehrenfried, Festl. **Preexaminarea transformatoarelor fără jugul superior** (Vorprüfung von Transformatoren ohne oberes Ioch). In : ETZ—B, nr. 17, martie 1965, p. 157, 1 tab.

Transformatorul, fiind un aparat valoros, este important ca micile erori din timpul construcţiei sale să fie descoperite şi înlăturate la timp spre a se evita mai tîrziu pierderi, respectiv pagube importante. În acest scop autorul recomandă ca — mai ales astăzi cînd părţile jugului nu se mai împreunează simplu, prin simplă atingere, ci se îmbucă tolele sau grupele de tole unele cu altele, deci cînd operaţiile de demontare şi remontare sînt costisitoare — măsurarea la scurtcircuit să se execute înainte de îmbinarea diferitelor elemente ale jugului, deci imediat după ce s-a tras înfăşurarea pe unul din aceste elemente. Se evită astfel, în cazul unui defect de calcul sau de montaj, şi desfacerea tuturor legăturilor interioare. Faptul că la măsurarea elementelor laterale ale jugului lipseşte jugul superior, nu poate da erori de măsurare prea mari, deoarece acest jug are o influenţă neînsemnată asupra repartizării cîmpului de dispersie.

Ca exemplu se dă un transformator de reglaj, la care după terminarea lui s-a dovedit că tensiunea de scurtcircuit a fazei mijlocii era mult superioară celei calculate. Măsurîndu-se reactanţele diferitelor trepte, ele se deosebeau în sens crescînd, ceea ce nu poate surveni decît atunci cînd bobina de joasă tensiune este aşezată mai jos decît cea de înaltă tensiune. Demontîndu-se transformatorul, s-a dovedit că într-adevăr acesta era motivul erorii. O preexaminare a transformatorului în timpul construcţiei sale şi deci înainte ca jugul să fi fost încheiat, ar fi evitat demontarea lui.

Pentru a se putea aprecia diferenţele pierderilor în scurtcircuit şi a tensiunilor în scurtcircuit, cele două valori P_k (kW) şi U_k (%) sînt redate într-o tabelă pentru cele două cazuri : transformatorul fără jugul superior, şi acelaşi transformator gata montat în cazanul său, cu toate legăturile interioare executate.

G. C.

CZ 621.316 *Reţele de distribuţie a energiei electrice*

CZ 621.316.13.015.2 ; 621.791.76

Webs, A. **Calculul căderilor de tensiune pe reţelele trifazate încărcate cu maşini de sudat prin rezistenţă** (Berechnung der Spannungseinbrüche în Drehstromnetzen bei Belastung durch Widerstandsschweissmaschinen). În : ETZ-A **86**, nr. 7, 1965, p. 205—212, 12 fig., 18 ref. bibl.

Se arată că în cazul cînd o maşină de sudat prin rezistenţă se alimentează cu energie electrică, o atenţie specială trebuie acordată variaţiilor de tensiune care apar în reţea, fiind necesar să se ţină seamă de consumatorii sensibili la aceste variaţii ; autorul foloseşte metoda componentelor simetrice şi face observaţiile teoretice pentru o reţea cu structura radială. Prin studiul analitic întreprins se obţin ecuaţii care permit evaluarea prin calcul a căderilor de tensiune în reţelele trifazate în cazul folosirii unei singure maşini şi în cazul folosirii simultane a două maşini, ţinîndu-se seamă de sarcinile simetrice prealabile.

L. V.

CZ 621.316.53.064.242 (71)

* * * **Un nou tip de întreruptor cu aer comprimat** (Nouveau type de disjoncteur à air comprimé). În : A.S.E.A. Revue **37**, nr. 2, 1965, p. 37.

Primul pol al unui disjunctor de 735 kV, destinat transmisiei energiei electrice pe liniile de foarte înaltă tensiune Manicouagan-Québec-Montreal, a fost terminat în luna aprilie 1964 şi supus încercărilor în laborator. Fiecare pol are 14 puncte de întrerupere cuplate în serie, fiind echipate cu rezistenţe şunt şi capacităţi pentru distribuţia tensiunii.

Întreruptorul este construit dintr-o serie de elemente identice, ceea ce face posibilă realizarea unei producţii de serie mijlocie sau serie mare.

Presiunea aerului comprimat folosit pentru diverse comenzi curente este de 20 at, barem care a dus la ridicarea puterii de rupere. Fiecare întreruptor este echipat cu o supapă magnetică, care reglează automat presiunea de lucru a aerului comprimat la 20 at. Presiunea sistemului de distribuţie a aerului comprimat, la care sînt racordaţi polii întreruptorului, poate fi adoptată la alegere între 20 şi 60 at. O primă serie de 14 întreruptoare de 735 kV vor fi livrate pentru linia de înaltă tensiune din Canada. Puterea de rupere a unor asemenea întreruptoare a fost stabilită experimental la 35 000 MVA. În articol se arată că se pregăteşte echipamentul complet pentru staţiile electrice de foarte înaltă tensiune de 735 kV, care vor fi înserate pe traseul liniei electrice în curent alternativ Manicouagan-Quebec-Montreal.

A. C.

CZ 31 *Statistică*

CZ 31.519.2

Andre Laurent, G. **Metoda statistică în industrie** (La méthode statistique dans l'industrie). Paris, Presses Universitaires de France, colecţia „Que sais-je", nr. 451, 1964, 126 pag., 7 fig., 125 ref. bibl.

Cartea reprezintă o sinteză a cunoştinţelor actuale despre aplicarea metodei statistice în industrie, conţinînd fundamentele teoretice, modul de culgere şi interpretare a datelor necesare pentru efectuarea calculelor şi lucrărilor statistice, folosirea acestor date la controlul statistic de calitate al produselor, controlul statistic parametric, interpretarea diagramelor statistice şi luarea măsurilor de îmbunătăţire a calităţii produselor şi creşterii eficienţei economice. La sfîrşitul fiecăruia dintre cele trei părţi ale lucrării se indică referinţe bibliografice, ceea ce arată că autorul a fost preocupat în mod deosebit de facilitarea adîncirii problemelor tratate, prin studiul direct al izvoarelor consultate la întocmirea lucrării.

Scrisă la un nivel mediu şi tratînd probleme de strictă actualitate, lucrarea prezintă interes pentru toate cadrele tehnice din industrie, putînd fi folosită, ca atare, fără a fi necesare cunoştinţe speciale de teoria probabilităţilor sau de statistică matematică.

Autorul, a cărui competenţă este recunoscută în presa universitară, foloseşte o exprimare clară, concisă şi o documentare amplă prin adîncirea ei, putîndu-se realiza informarea la nivelul dorit asupra celor mai noi aspecte ale problemelor tratate.

Apreciem că această lucrare corespunde nevoilor de documentare a cadrelor din industrie, fiind de strictă actualitate.

L. Vinaru

CRONICĂ

Sesiunea tehnico-ştiinţifică privind îmbunătăţirea calităţii aparatajului electronic şi electrotehnic de joasă tensiune

Ministerul Industriei Construcţiilor de Maşini, prin Direcţia generală a industriei electrotehnice şi prin grupul de uzine de aparataj electrotehnic şi instalaţii de automatizare, împreună cu Consiliul naţional al inginerilor şi tehnicienilor a organizat la uzinele Electromagnetica, în zilele de 5 şi 6 iulie 1965, o sesiune tehnico-ştiinţifică dedicată îmbunătăţirii calităţii aparatajului fabricat de grup.

Şedinţa de deschidere a fost condusă de tov. ing. şef Vasile Stănescu de la Electromagnetica. A luat cuvîntul tov. ing. Oliviu Russu vicepreşedinte C.N.I.T., care a ilustrat sarcinile ce rezultă pentru tehnicienii şi inginerii din industria electrotehnică din Directivele Congresului al IX-lea al P.C.R. în faza actuală şi viitoare, a dezvoltării industriei electronice şi electrotehnice.

Tov. director ing. *H. Areşteanu* din M.I.C.M. a arătat realizările obţinute de acest sector industrial fruntaş în ultimul şesenal, sarcinile principale care-i stau în prezent în faţă, avînd în vedere creşterea anuală cu 16% faţă de 10,5% a întregii industrii, trecînd apoi la comentarea unor dificultăţi şi lipsuri care împiedică ridicarea calităţii produselor în prezent.

Acad. dr. ing. *A. Avramescu* a arătat influenţa actuală a ştiinţei în producţia industrială, rolul ei în promovarea tehnicii avansate, metode de îmbinare a cercetării fundamentale cu cercetarea aplicativă în folosul producţiei industriale. În electronică şi electrotehnică, o întrepătrundere a cercetării fundamentale cu producţia industrială este deosebit de caracteristică şi frecventă.

În cadrul sesiunii s-a prezentat un referat general al tov. ing. *R. Vlădoianu*, director general al D.G.I.E.T., privind stadiul actual al fabricării aparatajului electronic şi electrotehnic de joasă tensiune şi măsuri pentru îmbunătăţirea calităţii acestuia. De asemenea, au fost prezentate trei referate pe temele principale ale sesiunii menite să polarizeze contribuţiile celelalte spre tratarea problemelor celor mai importante ale sectorului. În cele ce urmează redăm rezumatele acestor referate, pe teme, însoţite de cele ale unor contribuţii la sesiune în tema respectivă.

Referate tema I

Ing. *Gh. Andrei*: „Soluţii constructive moderne pentru ridicarea caracteristicilor tehnico-funcţionale ale aparatajului electronic şi electrotehnic de joasă tensiune".

Se prezintă aspectele principale tehnice urmărite de G.U.A.E.I.A. şi unităţile din cadrul acestuia, în cercetarea şi proiectarea aparaturii electronice industriale şi a aparatajului electrotehnic de joasă tensiune. Se dau o serie de exemple din realizările obţinute în compartimentele de concepţie din cadrul unităţilor G.U.A.E.I.A. pe linia introducerii tehnicii noi, a modernizării şi perfecţionării continue a produselor şi îmbunătăţirii calităţii acestora. Se abordă aspecte în legătură cu problemele privind miniaturizarea, tranzistorizarea, tipizarea şi climatizarea produselor.

Comunicări la această temă

Ing. *Ilie Nicolae*: „Instalaţii de semnalizare la treceri de nivel şi bariere automate".

Se descriu instalaţiile de semnalizare la trecerile de nivel situate pe liniile de cale ferată şi se analizează următoarele variante, care se folosesc la C.F.R.:

— semnale de avertisment cu semibariere (bariere automate);

— semnale de avertisment cu şi fără indicator de restricţie.

Se descrie detaliat funcţionarea acestor instalaţii făcîndu-se şi consideraţii de ordin constructiv. Se arată avantajele pe care le prezintă în exploatare aceste instalaţii. De asemenea, legătura acestor instalaţii cu instalaţiile de centralizare şi cu blocul de linie automat existente pe calea ferată respectivă.

Ing. *P. Boarnă*, ing. *S. Stănculescu*, şi ing. *Şt. Turi*: „Reducerea consumului de metale feroase şi neferoase în aparatajele de automatică şi telemecanică feroviară, fabricate în industria constructoare de maşini".

În aparatajele de automatică şi telemecanică feroviară se consumă cantităţi mari de metale feroase şi neferoase. Redu-

cerea consumului de metale la fabricarea acestor aparataje apare ca o necesitate de prim ordin. Această reducere se poate obține prin următoarele căi :

1. Reconsiderarea dimensiunilor unor aparataje în vederea reducerii gabaritului cu menținerea performanțelor tehnice inițiale.
2. Introducerea materialelor noi și înlocuitoare în construcția unor repere și subansamble.
3. Schimbarea tipului constructiv al unor aparataje în scopul adoptării unor soluții noi, care pe lîngă alte avantaje calitative și economice, să prezinte și avantajul reducerii consumului de metal.

Comunicarea studiază cele trei aspecte ale problemei, indicînd soluțiile posibile inspirate din experiența obținută pînă în prezent în exploatarea acestor utilaje la calea ferată în țara noastră și în străinătate.

Ing. *Călin Brînceni* : „Îmbunătățirea caracteristicilor tehnico-funcționale la tabloul de comandă pentru grupul de sudură de 350 A".

Se prezintă tabloul și grupul de sudură de 350 A din punct de vedere tehnico-funcțional. Se arată cum funcționa vechiul tablou și perfecționările aduse la noul tip (tipul TC-350/2). Perfecționările constau în înlocuirea releului de limitare a tensiunii de mers în gol cu o bobină cu saturație variabilă, lucrînd prin intermediul unui amplificator magnetic. Acesta din urmă permite o comandă la distanță mult ușurată ca execuție, precum și o manevrare mai ușoară de către sudor. Se prezintă rezultatele obținute și schema de funcționare.

Prof. ing. *Gh. Cartianu*, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste Romînia și conf. ing. *V. Căuteanu*, cd. șt. teh. : „Asupra unor factori principali care influențează calitatea produselor".

Se analizează influența unor factori principali (cercetarea și proiectarea, materialele utilizate, tehnologia adoptată, pregătirea fabricației, pregătirea cadrelor, fabricația, controlul tehnic și recepția) asupra calității produselor. Se trag concluzii asupra ponderii influenței diferiților factori asupra calității produselor în scopul dirijării atenției și forțelor în mod diferențiat, în special asupra acelor factori care condiționează în cea mai mare măsură calitatea produselor în perioada dată, urmărindu-se obținerea eficacității maxime a măsurilor de îmbunătățire a calității.

Ing. *Dan Oncica* : „Climatizarea seriei de contactoare în aer — pentru condiții TH și TA".

Se prezintă seria nouă de contactoare în aer AC_3 și problemele ridicate de execuția în protecție climatică a acesteia, condițiile impuse, dificultățile survenite și rezolvarea acestora. Sînt prezentate categoriile de protecție climatică în care se pot realiza aceste produse și zonele pe glob în care pot fi utilizate.

Prof. ing. *M. Drăgănescu*, cd. șt. tehn., conf. ing. *R. Stere* și ing. *A. Mircea* : „Utilizarea electronicii integrate în aparatura electronică".

Se examinează importanța introducerii circuitelor integrate în aparatura electronică modernă din punctul de vedere al creșterii siguranței în funcționare, reducerii prețului de cost, reducerii volumului și greutății aparaturii, al consumului de energie electrică.

Se expun principalele căi de realizare a circuitelor microelectronice (straturi subțiri, circuite semiconductoare integrate, circuite hibride, circuite optoelectronice, dispozitive funcționale) și principalele procedee tehnice care trebuie însușite (fotografie de înaltă precizie, depunerea straturilor subțiri, tehnica planară din domeniul dispozitivelor semiconductoare, prelucrarea cu fascicule de electroni etc.).

În încheiere se prezintă considerații generale privind implicațiile electronicii integrate asupra pregătirii specialiștilor electroniști.

Ing. *Andrei Gheorghe* : „Principii constructive adoptate la realizarea sistemului de comutație statică tranzistorizat UNILOG".

Se prezintă soluțiile constructive adoptate, care au condus la realizarea unui sistem unitar și modern, miniaturizat.

Tipizarea blocurilor funcționale și folosirea cablajelor total sau parțial imprimate a creat posibilitatea executării de echipamente în serie sau unicate, eliminînd problemele puse de fabricația seriilor mici. Se prezintă modul în care a fost rezolvată problema interșanjabilității tuturor elementelor componente ale sistemului și unele precauții luate în scopul asigurării împotriva defectării instalațiilor.

Conf. ing. *Eneea Barbu* : „Contribuții la îmbunătățirea teleimprimatoarelor".

Utilizîndu-se metodele algebrei booleene se analizează teleimprimatoarele existente și se propun dispozitive noi pentru realizarea acelorași funcții.

Ing. *C. Mietto* și ing. *H. Marcovici* : „Modernizarea panourilor de mașini-unelte fabricate de Automatica".

Se prezintă criteriile care au stat la baza modernizării panourilor și îmbunătățirile aduse, precum și dificultățile ivite în amplasarea noilor aparate de gabarit mărit pe panourile care se montează direct pe mașinile-unelte, arătîndu-se felul în care s-au rezolvat aceste probleme.

Ing. *I. Mihăilescu* : „Aparatura de telemecanică cu separare în frecvență pentru extracție gaze".

În referat se arată că această aparatură reprezintă extinderea și pentru sondele de gaze a aparaturii de telemecanică AF-311 pentru sondele de petrol în pompaj. Se dau detalii asupra principiilor de funcționare și formare a semnalelor. Se analizează soluțiile specifice necesare cîmpurilor de sonde-gaze. Se descriu soluțiile constructive adoptate. Se compară performanțele acestei aparaturi cu sisteme similare străine și se trag concluzii asupra soluțiilor alese.

Prof. ing. *S. Condrea* : „Perspectivele dezvoltării echipamentelor de curenți purtători și metode de ridicarea calității produselor".

Se expun pe scurt caracteristicile actuale ale sistemelor de curenți purtători și se prezintă tendințele de dezvoltare în viitor, pe linia tranzistorizării și a miniaturizării. Se analizează metodele moderne de fabricație în serie, cu controlul continuu și automat al etapelor de fabricație. Se expun noile metode de măsurare și de verificare a performanțelor și se arată care sînt rezultatele aplicării acestor metode.

Ing. *Felicia Sprînceană* : „Utilizarea contactelor sinterizate în construcția contactoarelor în aer".

Se analizează componența și principalele caracteristici ale unor tipuri de contacte sinterizate. În urma acestei analize se constată că materialul AgCdO este cel mai indicat pentru utilizarea ca piesă de contact principală la contactoarele în aer. Se prezintă rezultatele practice obținute.

Ing. *Gh. Stancu* : „Soluții moderne de cablare a panourilor".

Se prezintă diferite soluții de cablare a panourilor în funcție de gabarit, loc de utilizare, număr de bucăți cerut, dîndu-se o serie de date asupra sistemului de aprindere și inscripționare pentru mănunchiurile de cabluri instalate pe diferite tipuri de panouri fabricate de întreprinderea „Automatica".

Referate tema II

Ing. *V. Stănescu* : „Îmbunătățirea tehnologiei de fabricație în întreprinderile producătoare de aparataj electronic și electrotehnic de joasă tensiune în vederea creșterii preciziei de prelucrare și a realizării de performanțe ridicate".

Se arată legătura strînsă ce trebuie să existe între tehnologie — pe de o parte — și economicitate, soluții constructive și calitate, pe de altă parte. De asemenea, orientarea actuală în tehnologia produselor de joasă tensiune și a aparatajului electronic industrial, prezentîndu-se realizările mai de seamă ale cîtorva întreprinderi de specialitate din cadrul G.U.A.E.I.A.

Comunicări în legătură cu referatul privind tema 2.

Ing. *D. Florescu* : „Agregat automat pentru fabricația șasiului de contor".

Mașina agregat pentru prelucrarea șasiului contorului monofazat este bazată pe principiul suprapunerii operațiilor. A fost adoptată soluția transferului semifabricatelor între

posturi cu ajutorul mesei rotative indexate. Se arată avantajul față de linia cu transfer și se prezintă acționarea mașini de sens, de sisteme : pneumohidraulice, pneumatice, mecanice, electrice și electronice.

Mașina este complet automatizată, aducînd o substanțială ridicare a productivității muncii.

Conf. ing. *Paul Mihăilescu* și conf. ing. *Ștefan Turi* : „Îmbunătățirea calității aparatajelor de automatică și telemecanică feroviară fabricate de industria constructoare de mașini".

Normele interne de fabricație ale aparatajelor de automatică și telemecanică feroviară fabricate de uzinele M.I.C.M., în prezent, conțin aproape aceleași condiții de calitate ca cele adoptate inițial (cu 9 ani în urmă), atunci cînd s-a făcut asimilarea acestor aparataje.

Din experiența cîștigată pînă acum în exploatare se constată că în unele cazuri performanțele medii obținute depășesc pe cele din normele de fabricație inițiale, datorită îmbunătățirii procesului tehnologic de fabricație.

În cursul exploatării aparatajelor s-au constatat și unele deficiențe sistematice de funcționare, care trebuie examinate și înlăturate prin noi soluții tehnice, care să conducă la performanțe superioare, incluse în normale de fabricație.

De asemenea, se constată necesitatea de a se corela și din punctul de vedere al fiabilității normele de repere și subansambluri, astfel încît să se obțină pentru întregul sistem un grad sporit de fiabilitate.

Prin soluționarea acestor probleme care au ieșit în evidență în timpul exploatării și întreținerii tehnice a instalațiilor de automatică și telemecanică feroviară se vor crea premisele necesare îmbunătățirii calității aparatajelor produse de industria noastră constructoare de mașini.

Ing. *Bancu Teodor* : „Bancuri de probă pentru panourile de la mașinile-unelte". Comunicarea scoate în evidență o serie de realizări în scopul verificării schemelor, din punctul de vedere al corectitudinii execuției utilizate la panourile de mașini-unelte produse în serie de întreprinderea „Automatica" (strunguri, freze, shapinguri etc.).

Verificarea se face prin bancuri de probă ce simulează diferite comenzi de pe mașina-unealtă, verificîndu-se prin circuite de semnalizare optice sau acustice, corectitudinea execuției cablajului.

Ing. *Gh. Mazilu* : „Alimentarea automată a mașinilor de filetat".

Se descrie adaptarea pe mașini de filetat a dispozitivelor de alimentare automată a piuliților. Dispozitivele sînt formate din sortator și alimentator. Se arată principiile de funcționare, considerații de ordin teoretic și se justifică soluția aleasă.

Ing. *Dan Cosmin* : „Metode moderne de vopsire a panourilor".

Lipsa tot mai acută a unor metode de vopsire pentru panourile produse de întreprinderea „Automatica" care să satisfacă cerințele actuale ale ritmului de producție și a calității suprafeței, a condus la o serie de cercetări în acest domeniu, comunicarea prezentînd diferite metode de pregătire a suprafeței (chimice, mecanice etc.) și vopsirea rapidă, rezultate ca cele mai favorabile în urma studiilor întreprinse.

Ing. *Beno Depauscheg* : „O tehnologie îmbunătățită pentru impregnarea bobinelor".

Se analizează cauzele necorespondenței metodelor de impregnare cu lacuri oleo-bituminoase, alhidalice, V 199 etc., în special la seria de contactoare AC 3. Se arată rezultatele bune obținute prin impregnarea cu rășini epoxidice și se descrie instalația modernă proiectată în scopul utilizării acestora.

Conf. *V. Cătuneanu*, cd. șt. tehn. : „Antrenamentul artificial al produselor în uzină, mijloc eficace de îmbunătățire a calității".

Autorul propune ca uzinele producătoare să aplice în mod sistematic metoda de antrenare artificială a produselor, ceea ce constă în punerea produselor în stare de funcționare în limitele condițiilor de exploatare, un anumit timp determinat înainte de livrare către beneficiar. Scopul acestui antrenament artificial constă în eliminarea de la livrare a produselor, care altfel s-ar defecta în procesul de exploatare din cauza greșelilor de fabricație. Apariția acestor defecțiuni în uzină, dă în același timp posibilitatea acesteia să analizeze în mod științific cauzele și să ia măsuri prompte pentru îmbunătățirea calității atît în ceea ce privește proiectarea și tehnologia, cît și în ceea ce privește fabricația propriu-zisă. Se consideră că legea diferențială de repartiție a defecțiunilor provocate din cauza greșelilor de fabricație este o lege normală de repartiție. Pe această bază se prezintă metoda de calcul a duratei antrenamentului artificial în uzină al produselor.

Referate tema III

Ing. *V. Nicolae* : „Organizarea științifică a controlului tehnic și al activității metrologice din întreprinderile producătoare de aparataj electronic și electrotehnic de joasă tensiune".

Referatul tratează rolul C.T.C. în ceea ce privește calitatea produselor, exemplificînd organizarea uzinei „Electromagnetica" pe această linie. În continuare, se expun formele de ridicare a eficacității și randamentului în muncă a C.T.C., metodele moderne de control și urmărirea în exploatare a produselor fabricate de uzina „Electromagnetica".

Referatul tratează apoi rolul și organizarea generală a metrologiilor uzinale. Se descrie în continuare organizarea administrativă și metodologică cu aplicație la uzina „Electromagnetica" care are în specificul său construcția mijloacelor de măsurat. Referatul se încheie cu problemele ridicate de sarcinile metrologiei privind stimularea tehnicii noi.

Comunicări în legătură cu referatul privind tema III

Ing. *M. Bărbulescu* : „Realizări noi în aparatura de reglare și control electric în secțiile de asamblare ale uzinei — Electromagnetica".

— Noua metodă de etalonare stroboscopică în bandă a contorului de curent alternativ monofazat cu suprasarcina CAM 6.

— Realizarea contorului de referință.

— Boxe pentru verificări funcționale a centralelor telefonice automate.

— Dotarea benzii de asamblare și etalonare a aparatelor de măsură cu noi surse stabilizate cu tensiuni predeterminate.

Ing. *R. Tomoiagă* : „Măsurarea vibrațiilor electromagneților de curent alternativ".

Vibrația electromagneților de curent alternativ este efectul unor defecțiuni ce pot apare în procesul de fabricație fie la spira în scurtcircuit, fie la rectificarea polilor.

Sistemul de detecție și amplificare a dispozitivului de măsură realizat permite sesizarea și determinarea obiectivă a mărimii vibrațiilor, indiferent de mărimea electromagnetului, în condițiile fabricației de serie.

Ing. *M. Stănculescu* : „Măsurători de precizie cu comparatorul de curent alternativ".

Comparatorul permite măsurători de curenți, tensiuni și puteri alternative cu o eroare de maximum 0,05 %. Comparatorul reduce măsurarea de curent alternativ la o măsurătoare în curent continuu realizată în final cu ajutorul compensatorului potențiometric. Comparatorul este un aparat de zero, cuplul activ este creat de un sistem electrodinamic, iar cuplul rezistent de un sistem magnetoelectric, ambele avînd axul comun.

Ing. *Doina Boboc* : „Instalații complexe și metode utilizate la verificările metrologice".

Se descriu principiile de funcționare și performanțele stației de compensator „Norma", compensatorul de curent alternativ Dr. Rump — precum și ale instalației automate de verificat contoare P.J.U.Y.-50.

În continuare se face o scurtă analiză a posibilităților de aplicare a metodelor noi de verificare a contoarelor în uzina „Electromagnetica".

S-a mai prezentat suplimentar referatul chim. *Gerda Cosma* : „Acoperiri de protecție".

Comunicările au fost urmate de discuții și luări de poziții din partea cercetătorilor, inginerilor proiectanți, constructori, tehnologi și a reprezentanților ministerelor, a întreprinderilor și a beneficiarilor. Părerile au fost exprimate sincer, aplicînd constructiv critica și autocritica. A rezultat că ritmul de îmbunătățirea calității va trebui grăbit, iar exigența, pentru probe la cel mai înalt nivel, să fie mărită.

Acad. *A. Avramescu*

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ... 1883 ... ORSZÁGOS KÖZPONTI

SOMMAIRE

CD 621.313.322.044.61: 621.3.045.001.24

Nicolaide, A. et *Drăgănescu, O.*: **Les systèmes d'amortissement, naturel et artificiel, des machines synchrones à pôles saillants.**

Electrotehnica **13**, no. 9, sept 1965, p. 313–320

Le système d'amortissement d'une machine synchrone comprend : le système naturel d'amortissement et le système artificiel d'amortissement. Le système naturel d'amortissement est constitué par les pièces en acier du rotor. Le système artificiel d'amortissement est constitué par la cage du rotor.

Dans cet ouvrage on a effectué une étude théorique et expérimentale des deux systèmes et l'on a établi les cas dans lesquels le système naturel d'amortissement joue un rôle important, en obtenant des résultats intéressants et utiles dans la pratique, résultats qui ne sont pas connus dans la littérature.

CD 621.315.62.001.6: 551.571

Mark, D.: **Problèmes concernant l'élaboration des projets et l'exploitation de l'isolation électrique dans les zones à contamination.**

Electrotehnica **13**, no. 9, sept 1965, p. 320–326

Les aspects se rapportant à la contamination de l'isolation des installations énergétiques retiennent l'attention des chercheurs et des ingénieurs qui étudient l'exploitation des réseaux. Dans cet article on présente succinctement les principaux problèmes concernant le mode de concevoir les isolateurs destinés aux régions contaminées, la méthode d'essai des isolateurs dans un milieu contaminé, le choix de l'isolation pour les installations exposées à la contamination et enfin les problèmes soulevés par l'exploitation des installations électriques dans les zones contaminées.

CD 621.316.545.001.57 : 621.314.214

Rădulescu, C., Năzdrăvan, I. et *Treschin, C.*: **Nouveaux types de systèmes de réglage, commutateurs et schémas de connexions utilisés pour les transformateurs de force.**

Electrotehnica **13**, no. 9, sept 1965, p. 327–333

L'utilisation des nouveaux schémas de réglage qui puissent satisfaire certaines exigences de construction et de fonctionnement constitue une contribution importante à la modernisation et à l'amélioration de la qualité des transformateurs de force (puissance). Dans cet article on présente quelques éléments de réglage et des schémas de connexions intéressantes, introduites récemment dans la fabrication aux usines „Electroputere" de Craiova.

CD 621.318.37.001.2

Dinculescu, P.: **Le calcul préliminaire des dimensions principales des aimants électriques de courant continu à mouvement rotatif**

Electrotehnica **13**, no. 9, sept 1965, p. 333–338

Basé sur certaines hypothèses simplifiées, on établit une méthode de calcul simple pour la détermination préliminaire des dimensions principales des aimants électriques. On établit des relations de calcul pour le paramètre caractéristique, pour le diamètre de la pièce polaire et pour les dimensions de la bobine.

POUR LE JEUNE INGÉNIEUR

CD 621.315.211.2 : 621.315.616.96 : 551.5

Cruceru, C.: **L'influence des facteurs climatiques sur les câbles et les conducteurs électriques isolés à l'aide d'élastomères synthétiques et de matériaux thermoplastiques.**

Electrotehnica **13**, no. 9, sept 1965, p. 339–345

On analyse le comportement, dans un milieu climatique humide, de certaines conduites électriques fabriquées dans notre pays, isolées à l'aide d'élastomères synthétiques et de matériaux thermoplastiques. On fait quelques recommandations concernant l'amélioration de la qualité du polychlorure de vinyle indigène utilisé pour l'isolation des câbles destinés au milieu climatique tropical.

COMPTES RENDUS 345–347
EXTRAITS 347–350
CHRONIQUE 350–352

CONTENTS

DC 621.313.322.044.61: 621.3.045.001.24

Nicolaide, A. and *Drăgănescu, O.* : **The natural and artificial damping systems of salient-pole synchronous machines.**

Electrotehnica **13**, nr. 9, sept 1965, p. 313–320

The damping system of a synchronous machine comprises the natural and the artificial damping systems. The former consists of the steel rotor parts and the latter of the rotor cage. In this paper both systems have been theoretically and experimentally studied and the cases in which the natural damping system plays an important role, established. Interesting and pratically useful results new to the relevant literature have been obtained.

DC 621.315.62.001.6: 551.571

Mark, D. : **Designing and exploitation problems of electric insulations in contaminated areas.**

Electrotehnica **13**, nr. 9, sept 1965, p. 320–326

The aspects concerning the contamination of power plant insulations are of ever increasing interest to the research workers and engineers from the network exploitation sector. The main problems connected with the conception of insulators for contaminated areas are briefly presented and some information given concerning the way of testing the insulators in contaminated medium, the choice of adequate insulations for the equipment exposed to contamination and the exploitation of electric insulations in contaminated areas.

DC 621.316.543.001.57: 621.314.214

Rădulescu, C., Năzdrăvan, I. and *Treschin, C.* : **New types of regulating systems, switches and connecting diagrams used in power transformers.**

Electrotehnica **13**, nr. 9, sept 1965, p. 327–333

The utilization of some new types of regulating systems to meet certain constructive and functional requirements represents an important contribution to the modernization and qualitative improvement of power transformers. The description is given of several interesting regulating elements and connecting diagrams recently introduced into the manufacturing process at the „Electroputere" – Craiova Works.

DC 621.318.37.001.2

Dinculescu, P. : **The preliminary calculus of the main dimensions of continuous-current electromagnets with rotating-motion.**

Electrotehnica **13**, nr. 9, sept 1965, p. 333–338

Based on some simplifying hypotheses the author establishes a simple calculation method for the preliminary determination of the main dimensions of electromagnets. Calculus relations are established for the characteristic parameter, the pole-piece diameter and the coil dimensions.

THE YOUNG ENGINEER'S GUIDE

DC 621.315.211.2: 621.315.616.96: 551.5

Cruceru, C. : **The influence of climatic factors on the electric cables and conductors insulated with synthetic elastomers and thermoplastic materials.**

Electrotehnica **13**, nr. 9, sept 1965, p. 339–345

The behaviour in moist climatic medium of some Rumanian-made conductors insulated with synthetic elastomers and thermoplastic materials is discussed. Some suggestions are made concerning the qualitative improvemert of the indigenous PVC, used to insulate the cables intended for tropical climatic conditions.

REVIEWS 345–347
ABSTRACTS 347–350
CHRONICLE 350–352

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.313

MAȘINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ȘI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313.027.3: 621.317.333

Korolev, V. H.: **Încercarea izolației mașinilor electrice de înaltă tensiune.** În: Elektrotehnika **35**, nr. 12, dec 1964, p. 29—31, 3 fig., 1 tab., 8 ref. bibl.

CZ 621.313.32.001.24

Eibsiț, A. G.: **Principiile de calcul al mașinilor electrice sincrone de frecvență ridicată și turație mare, cu factor de utilizare înalt.** În: Electrotehnika **35**, nr. 12, dec 1964, p. 6—8.

CZ 621.313.33: 621.317.384

Jordan, H. și *Taegen, F.*: **Asupra măsurării pierderilor adiționale la mașinile asinerone.** În: Elektrotechn. Zeit. (E.T.Z-A) **86**, nr. 6, 19 martie 1965, p. 167—171, 1 fig., 3 tab., 12 ref. bibl.

CZ 621.313.333.017

Gaințev, I. V.: **Componentele pierderilor suplimentare totale în motoarele electrice asinerone cu rotor în colivie, cu puteri pînă la 100 kW.** În: Electrotehnika **35**, nr. 12, dec 1964, p. 1—3, 2 fig., 4 tab., 4 ref. bibl.

CZ 621.313.333.2.07: 621.316.718.5

Bloțki, N. N. ș.a.: **Reglarea turației motoarelor electrice asinerone cu rotor în colivie.** În: Electrotehnika **35**, nr. 12, dec 1964, p. 16—19, 4 fig.

CZ 621.314

TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.21.017.3

Malkin, E. A. ș.a.: **Pierderile suplimentare în miezurile transformatoarelor de putere la încercări de scurtcircuit.** În: Elektricestvo **15**, nr. 12, dec 1964, p. 31—37, 12 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.314.222.004.2: 621.316.176

Dzevențki, A. Ia.: **Regimul de funcționare și puterea optimă a transformatoarelor în întreprinderi industriale.** În: Prom. energetika **10**, nr. 12, dec 1964, p. 3—7, 1 fig., 2 tab., 4 ref. bibl.

CZ 621.314.222.8

Rosenberg, G.: **Fidelitatea imaginei transformatoarelor capacitive de tensiune.** În: Elektrotechn. Zeit. (E.T.Z.) **86**, nr. 6, 19 martie 1965, p. 161—166, 15 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.314.57: 621.314.228.3

Möltgen, G.: **Comportarea redresoarelor cu montajul pe bobina de absorbție în cazul sarcinii cu contratensiune.** În: Elektrotechn. Zeit. (E.T.Z.-A) **86**, nr. 8, 16 apr 1965, p. 259—263, 6 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.314.57; 621.335

Skudelny, H. C.: **Montaje cu redresoare pentru mașini motrice cu curent alternativ.** În: Elektrotehn. Zeit. (E.T.Z.-A) **86**, nr. 8, 16 apr 1965, p. 249—259, 32 fig., 16 ref. bibl.

CZ 621.314.63: 621.876,2; 622

Vasilievski, M. N. ș.a.: **Instalație de ridicat automatizată pentru exploatări miniere, cu folosirea redresoarelor de putere cu siliciu.** În: Energetika, Elektrotehn. prom., nr. 4, oct-dec 1964, p 47—49, 2 fig.

CZ 621.314.65.012.6

Danders, M.: **Comportarea dinamică a redresoarelor de curent cu vapori de mercur.** În: Elektrotehn. Zeit. (E.T.Z.-A) **86**, nr. 8, 16 apr 1965, p. 237—242, 7 fig., 7 ref. bibl.

CZ. 621.314.652

Anwander, F. și *Lawatsch, H.*: **Redresoarele cu vapori de mercur cu ciștig de vapori pentru frecvențe mijlocii.** În Elektrotechn. Zeit. (E.T.Z.-A) **86**, nr. 8, 16 apr 1965, p. 230—236, 12 fig., 1 tab., 12 ref. bibl.

CZ 621.315

TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE. LINII AERIENE. CABLURI SUBTERANE. CONDUCTOARE. MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.05

Brinkmann, K.: **Limitele transmisiei energiei prin curent continuu și curent alternativ trifazat.** În: Conti-Elektro-Ber. **11**, nr. 1, 1965, p. 1—8, 7 fig., 31 ref. bibl.

CZ 621.315.615.2—543.062.

Saumann, G.: **Efectul apei asupra proprietăților electrice de izolare a diverselor uleiuri.** În: Conti-Elektro-Ber. **11**, nr. 2, 1965, p. 64—69, 6 fig., 40 ref. bibl.

CZ 621.316

DISTRIBUȚIA ENERGIEI ELECTRICE. REȚELE DE DISTRIBUȚIE. DESCHIDEREA ȘI ÎNCHIDEREA CIRCUITELOR. REGLAREA MĂRIMILOR ELECTRICE. PROTECȚIA APARATELOR

CZ 621.316.54.001.4

Pflaum, E.: **Experiențe de exploatare cu blocuri tipizate Siemens la încercarea sintetică a întreruptoarelor de putere de înaltă tensiune.** În: Siemens-Z **38**, nr. 12, dec 1964, p. 865—871, 8 fig., 11 ref. bibl.

CZ 621.316.54.001.4: 620.193.21

Loos A. și *Picard, K. H.*: **Încercarea la temperaturi joase a aparatelor de conectare de înaltă tensiune.** În: Siemens-Z **38**, nr. 12, dec 1964, p. 871—876, 8 fig., 1 ref. bibl.

CZ 621.316.54.064.45; 551.571

Pucher, W.: **Asupra umidității aerului în cuplajele cu aer comprimat.** În: Elektrotehn. Z. (E.T.Z.-A) **86**, nr. 6, 19 martie 1965, p. 172—175, 9 fig., 9 ref. bibl.

CZ 621.316.542.12

Leyris, J.: **Întreruptoare cu lame elastice.** În: Electron. Ind., nr. **79**, dec 1964, p. 409—413, 3 fig., 1 tab.

CZ 621.316.573.066.6

Bergold, K. și *Faikus, K.*: **Asupra sudajului de contacte în cazul disjunctoarelor mici.** În: E.T.Z.-B **17**, nr. 6, 12 martie 1965, p. 130—134, 8 fig., 29 ref. bibl.

CZ 621.316.727

Pinkofski, W.: **Condensatoare statice de putere pentru compensarea curentului reactiv.** În: Elektrotechnik **46**, nr. 36, 30 dec 1964, p. 669—671, 10 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.316.825

Brauer, H. și *Fluner, E.*: **Termistoare, piese componente ceramice cu coeficient de temperatură al rezistenței pozitiv.** În: Keram. Z **16**, nr. 12, dec 1964, p. 766—770, 14 fig., 6 ref. bibl.

CZ 621.316.923.1.001.4

Mocsary, J.: **Contribuție la problema încercării capacității de rupere a siguranțelor de mare putere și înaltă tensiune limitatoare de curent.** În: Elektrie **18**, nr. 12, dec 1964, p. 389—393, 4 fig., 19 ref. bibl.

CZ 621.317

TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ

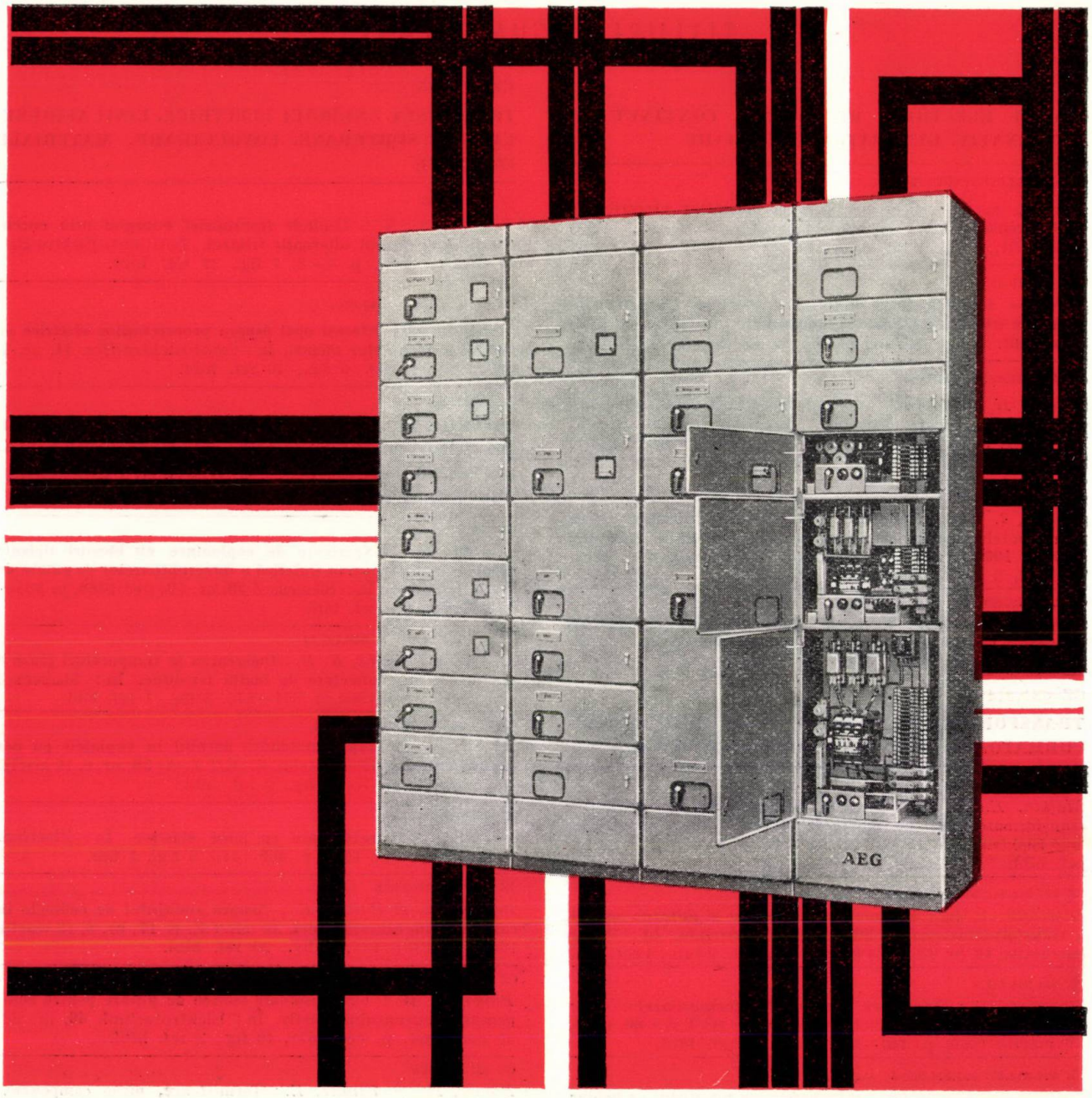
CZ 621.317.333: 621.314.21.048

Alekseev, B. A.: **Parametrii ciclului nesimetric „încărcare-descărcare" la controlul capacitiv al umidității izolației transformatoarelor.** În: Elektricestvo **85**, nr. 12, dec 1964, p. 25—31, 3 fig., 3 tab., 7 ref. bibl.

CZ 621.317.333: 621.317.384.015.532

Hawey, R.: **Circuite pentru măsurarea descărcărilor parțiale. Metode pentru evaluarea performanțelor izolanților electrici.** În: Electr. Times **147**, nr. 2, 14 ian 1965, p. 41—46, 9 fig., 23 ref. bibl.

MŰSZAKI KÖNYVTÁRI ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883



Dulapuri de comutare pentru motoare

Procesele chimice cer o alimentare continuă cu energie electrică, aceasta atît pentru instalațiile de producție de energie electrică și aparatajele de înaltă tensiune ale industriei chimice, cît și pentru instalațiile de joasă tensiune.

Instalațiile de joasă tensiune

Pentru comenzile unui grup de motoare se folosesc din ce în ce mai mult dulapuri de comutare, care oferă un maximum de posibilități de variații și de control.

Timp mort extrem de scurt

Aparatajele de comutare și accesoriile lor sînt montate în casete tipizate, care pot fi scoase și schimbate în cîteva secunde.

Felul de protecție

Complet închise, etanșe și asigurate contra unei eventuale atingeri.

Montaj

Dulapurile sînt prefabricate și este necesară numai conexarea cablurilor.

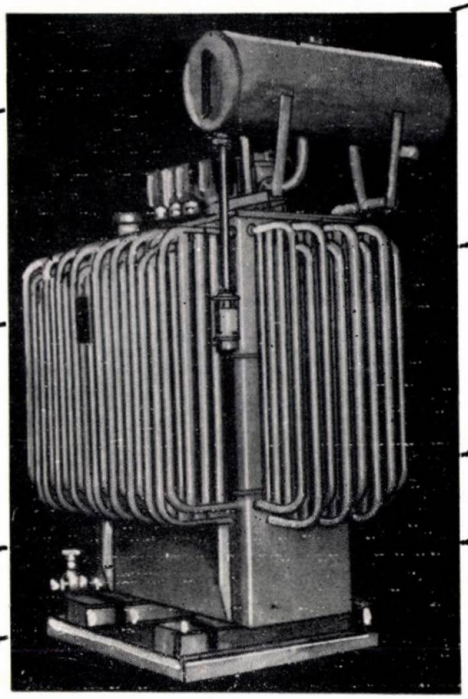
Servicii

Inginerii de la AEG vă stau la dispoziție în rezolvarea de orice fel de probleme în domeniul electrotehnicii.

Vă rugăm să ne scrieți dacă doriți să folosiți experiența noastră.

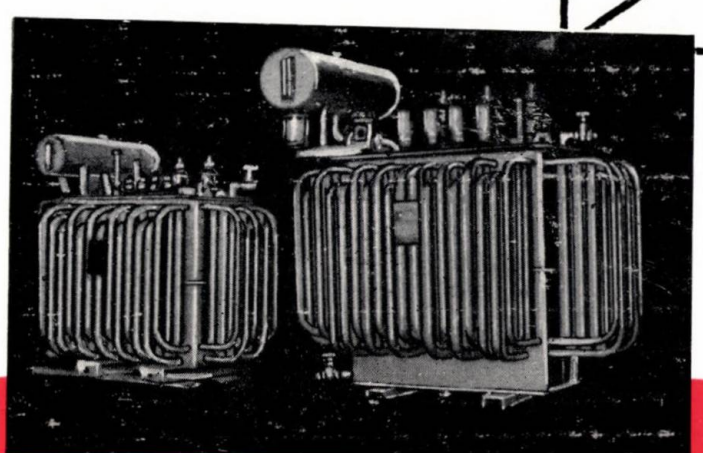
AEG

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT
EXPORT-ABTEILUNG
Frankfurt (Main), Süd 10 BRD



TRANSFORMATOARE DE PUTERE ÎN ULEI

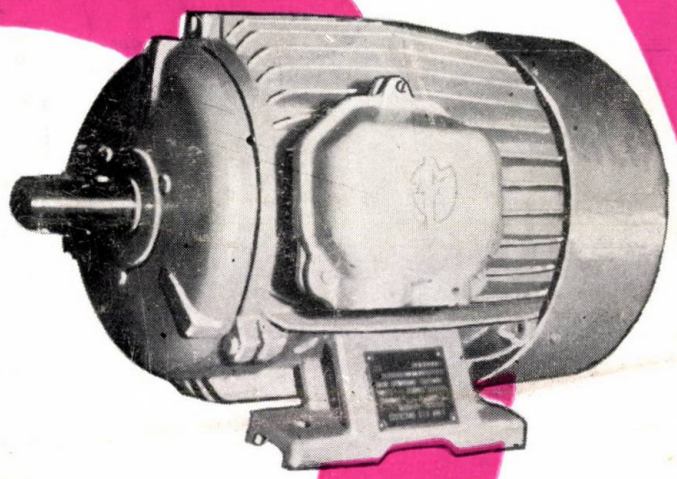
100 — 1600 kVA
pînă la 35 kV
înfăşurări din aluminiu
miez din tablă laminată la rece
nivel scăzut de pierderi
rezistente la scurtcircuit brusc



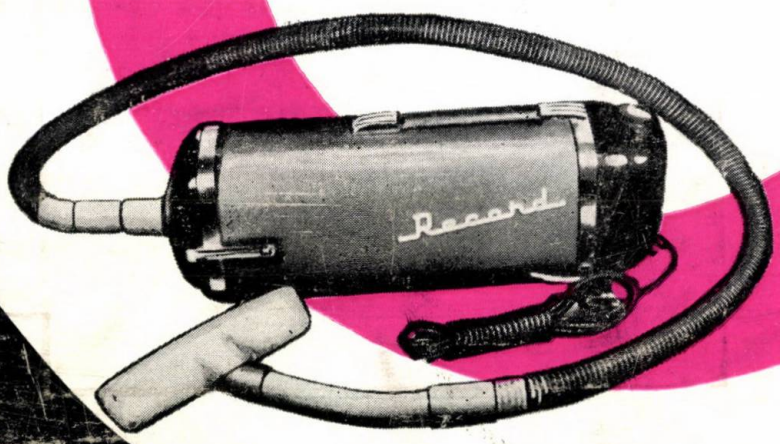
uzinele ELECTROPUTERE craiova

ELECTROMOTOR

- ventilatoare de masă cu cadru sau suport
- relee regulatoare pentru tractoare și autovehicule
- generatoare de curent continuu pentru tractoare și autovehicule
  motoare și reostate pentru mașini de cusut electrice
- motoare pentru antrenarea spălătorului și centrifugei mașinilor de spălat rufe „ALBA—LUX"

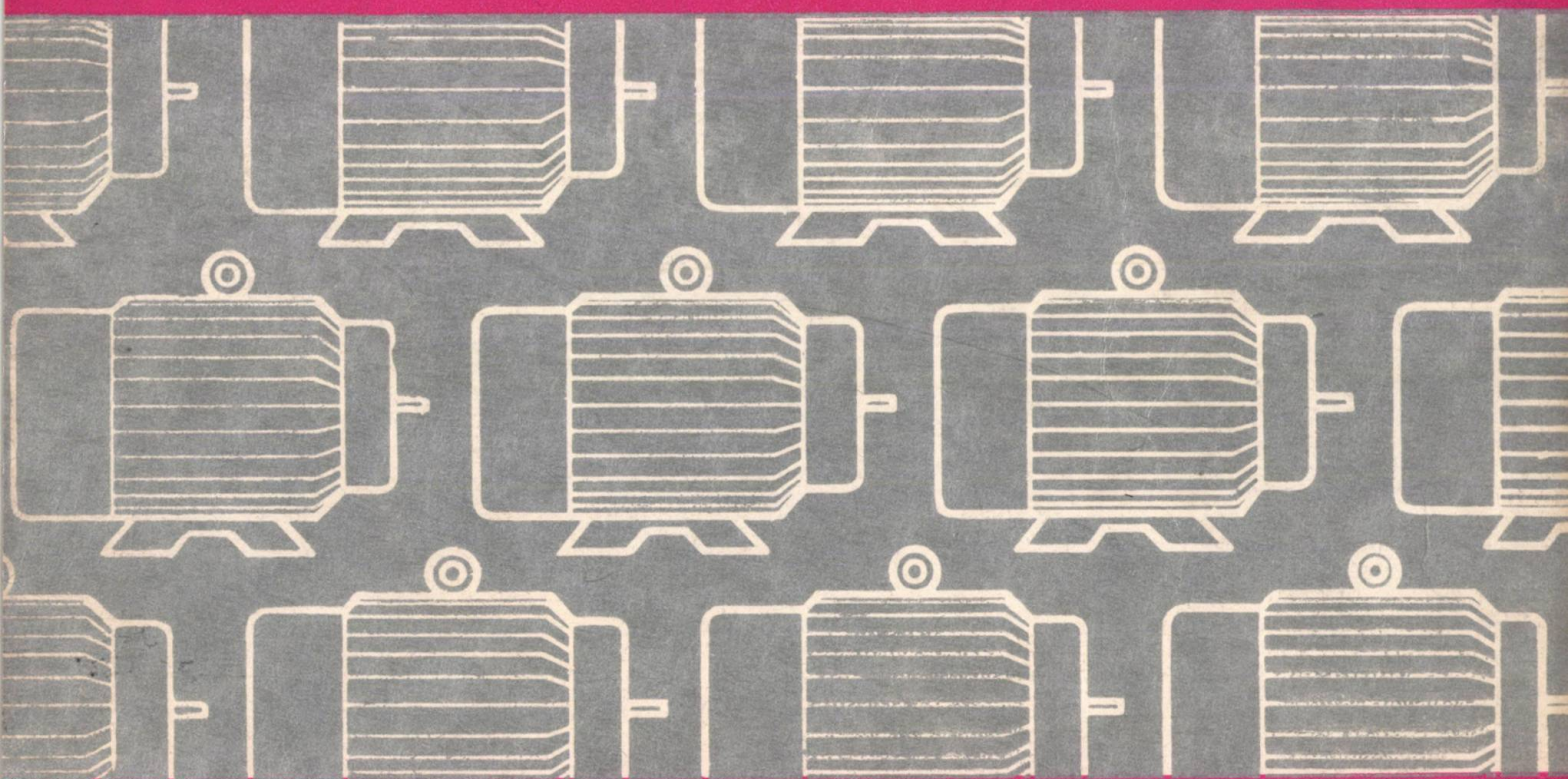


- motoare electrice asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit, protecție IP 44, de 4 — 30 kW, și cu rotorul cu inele de contact, de 5,5 — 22 kW
- aspiratoare de praf tip „Record"



E 2040

ELECTROTEHNICA

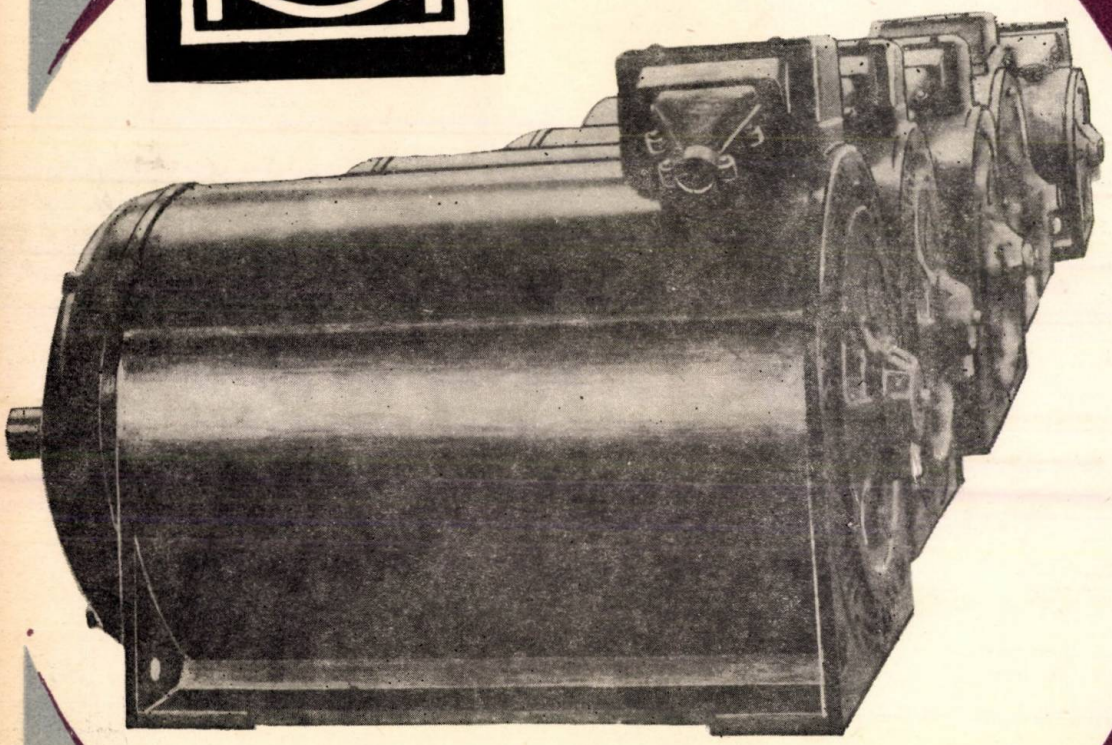


ELECTROTEHNICA ● BUCUREŞTI ● ANUL 13 ● NR. 10 ● PAGINA 353—384 ● OCTOMBRIE 1965

10

MOTOARE ASINCRONE ANTIEXPLOZIVE

— cu siguranță mărită, simbol Ex s — III G 3
— cutia inelelor capsulată, rezistentă la presiune
— tip MUF, MUS — Ex
— 100 — 1000 kW; 750—1500 rot min; 6 kV



livrează:

UZINELE

Electroputere

CRAIOVA

Uzina

TRACTORUL BRAȘOV

produce:

TRACTOARE UNIVERSALE DE 65 CP, CU DOUĂ ROȚI MOTOARE, LIVRABILE ÎN URMĂTOARELE VARIANTE:

- cu cale largă variabilă de la 1 200 la 2 000 mm;
- cu cale îngustă (roți jumelate).

TRACTOARE DE 65 CP, CU PATRU ROȚI MOTOARE

MOTOARE DIESEL DE 65 CP, CU INJECȚIE DIRECTĂ, DE MARE ECONOMICITATE

PIESE DE SCHIMB PENTRU TRACTOARE

Marca UTB este cunoscută pe piața internațională

UZINA

unirea

PIAȚA 1 MAI
3 – 5
CLUJ

MAȘINA DE FILAT LÎNĂ PIEPTĂNATĂ

Tip FLP

Mașina este destinată filării firelor de lînă pieptănată în gama tex 50—16 (Nm 20—60).

Mașina se construiește pentru 84—468 fuse, rația fiind de 12 fuse.

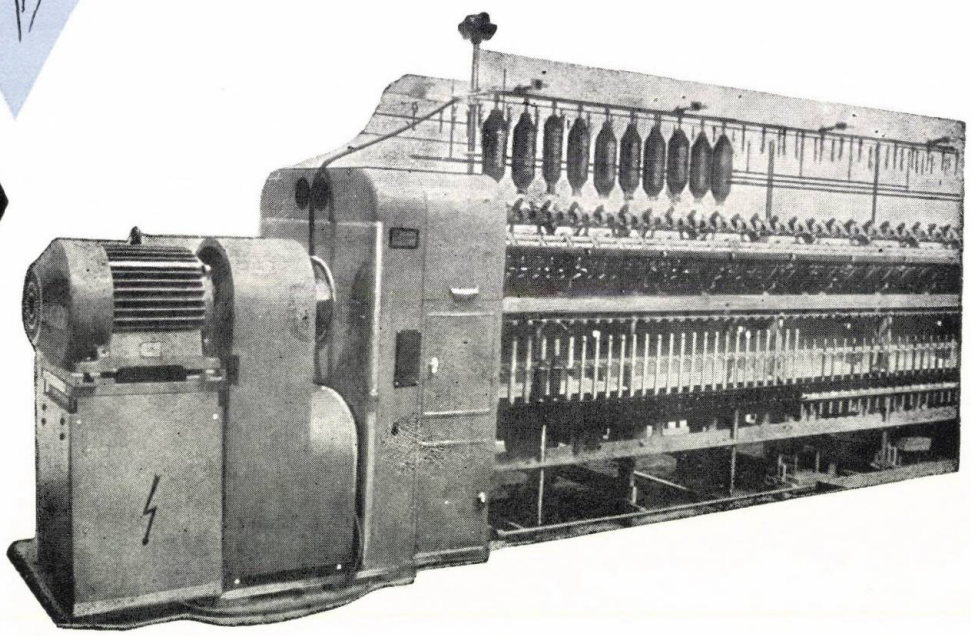
Fuse R11-7,8 cu turația maximă de 10 000 rot/min, realizînd un cops cu lungimea de 240—245 mm.

Inele cu autoungere de Ø 51.

Rastel cu alimentare simplă cu semitort de la flyer și dispozitiv de suspendare a bobinelor.

Trenul de laminare pînă la 21,2.

Torsiunea S și Z în gama de 149—1 099 răsuciri/m.



Antrenarea mașinii printr-un motor electric de turație constantă și variator mecanic cu raport de transmitere de 3 : 1, compus din două perechi de roți conice și o curea trapezoidală lată cu dinți interiori. Presiunea se realizează printr-un resort.

Gabarit de 1 095 mm lățime, 2 065 mm înălțime și lungimea în funcție de numărul de fuse ; lungimea fixă este de 2 435 mm.

unirea

MŰSZAKI KÖNYVTÁRI ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1893

ELECTROTEHNICA

Anul 13 nr. 10 octombrie 1965

CUPRINS

CZ 621.317.716.088.3/4: 621.317.313

Hortopan, Gh. : **Compensarea şunturilor utilizate la măsurarea curenţilor cu variaţii rapide.**

Electrotehnica **13**, nr. 10, oct 1965, p. 353–357

Se demonstrează teoretic şi se verifică experimental posibilitatea compensării şunturilor utilizate la măsurarea curenţilor cu variaţii rapide. În acest scop se face analiza răspunsului unui şunt la excitaţia treaptă şi se descriu montajul şi rezultatele experimentale obţinute de autor. Se arată că un şunt de construcţie oarecare, uşor supracompensat, poate fi calitativ superior şuntului coaxial.

CZ 621.313.322–573.2

Drăgănescu, O. : **Consideraţii asupra modului de producere a cuplului monoaxial la maşina sincronă.**

Electrotehnica **13**, nr. 10, oct 1965, p. 358–361

Se expune teoria cuplului monoaxial, care apare la pornirea motoarelor sincrone şi se trag concluziile necesare pentru a se asigura o pornire uşoară. Verificările experimentale duc la aceeaşi concluzie.

CZ 621.317.39: 621.313. 1–573

Oprendeck, B. şi *Natraşevschi, A.* : **Măsurarea cuplurilor de rotaţie şi a puterilor la arbore cu ajutorul dinamometrelor balansoare.**

Electrotehnica **13**, nr. 10, oct 1965, p. 361–365

Se prezintă clasificarea şi caracteristicile funcţionale ale dinamometrelor balansoare. Se arată metodele de măsurare a cuplului, indicîndu-se influenţa diferiţilor factori şi, în special, a reazemelor balansoare asupra preciziei măsurării. În continuare se tratează problema etalonării. În încheiere se subliniază tendinţele tehnicii actuale, din care rezultă indicaţii pentru tehnica de laborator sau pentru practica industrială.

CZ 621. 313. 048.1: 629.12

Antohi, C. şi *Bercu, A.* : **Scheme de izolaţie pentru motoare asincrone utilizate la echiparea navelor.**

Electrotehnica **13**, nr. 10, oct 1965, p. 366–371

După prezentarea, pe scurt, a stadiului actual al tehnicii în acest domeniu şi a condiţiilor în care trebuie să funcţioneze electromotoarele de pe nave, autorii indică lucrările efectuate la I.C.P.E. pentru stabilirea schemelor de izolaţie optime, şi rezultatele obţinute. În concluzie, se recomandă pentru a fi introduse în fabricaţie, două scheme de izolaţie : una de clasă E, pentru electromotoarele destinate navelor fluviale şi costiere, care circulă în zone temperate şi alta de clasă B, pentru electromotoarele destinate echipării navelor maritime.

CZ 621.313.333.048.1.004.6

Berinde, V. şi *Soare, I.* : **Durata de viaţă a schemei de izolaţie „E" utilizată în construcţia maşinilor electrice asincrone de tensiune joasă cu puteri pînă la 100 kW.**

Electrotehnica **13**, nr. 10, oct 1965, p. 371–377

Se prezintă concluziile şi rezultatele obţinute la determinarea experimentală, conform recomandărilor C.E.I. (proiect), a duratei de viaţă a unei scheme de izolaţie „E", prin încercări accelerate.

RECENZII 377–378

REFERATE 378–381

CRONICĂ 382–383

SCURTE ŞTIRI 383–384

RECOMANDĂRI
pentru autori

1. Lucrările care pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de documentele de partid şi de stat privind îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat, fixînd premisele de la care s-a pornit problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic — ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă, literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, greceşti, germane şi cifrele romane.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum şi figuri sau tabele), atît cele speciale, cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcrieri originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus, în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteză), revista, volumul, luna, numărul, anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină (faţă), la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titlul, funcţiile, localitatea şi adresa domiciliului, numărul de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.317.716.088.314:621.317.313

Хортопан, Г.: **Компенсация шунтов применяемых при измерении быстро изменяющихся электрических токов.**

Electrotehnica **13**, № 10, октябрь 1965, стр. 353–357

Приводится теоретическое доказательство и проверяется экспериментально возможность компенсации шунтов, применяемых при измерении быстро изменяющихся токов. С этой целью проводится анализ реакции шунта на ступенчатое возбуждение и описываются схема и полученные автором экспериментальные результаты. Показано, что слегка перекомпенсированный шунт любой конструкции качественно превосходит коаксиальный шунт.

ДК 621.313.322–573.2

Дрэгнеску, О.: **О способе получения моноаксиального момента на синхронных машинах.**

Electrotehnica **13**, № 10, октябрь 1965, стр. 358–361

Излагается теория моноаксиального момента, возникающего при запуске синхронных двигателей и выводятся соответствующие заключения применительно к обеспечению легкого запуска. Экспериментальная проверка ведет к тому же выводу.

ДК 621.317.39.621.313.1–575

Опрендек, В. и *Натрашевский, А.:* **Измерение вращательного момента и мощностей на валу с помощью динамометров маятникового типа.**

Electrotehnica **13**, № 10, октябрь 1965, стр. 361–365

Приводится классификация и функциональные характеристики маятниковых динамометров. Показаны методы измерения момента, причем отмечается влияние различных факторов, в особенности маятниковых опор на точность измерения. Далее рассматривается вопрос градуировки. В заключение отмечаются направления новейшей техники, отражающие тенденции в области лабораторной и промышленной техники.

ДК 621.313.333.048.1:629.12

Антохи, К. и *Берку, А.:* **Изоляционные схемы для асинхронных двигателей, применяемых в судостроении.**

Electrotehnica **13**, № 10, октябрь 1965, стр. 366–371

После краткого освещения современного уровня техники в этой области, а также условий, в которых электродвигатели должны работать на судах, авторы излагают работы проводимые в Научно-исследовательском электротехническом институте по разработке оптимальных изоляционных схем и приводят полученные результаты.

В заключение рекомендуется внедрение в производство следующих двух изоляционных схем: одна—класса Е, для электродвигателей, устанавливаемых на речных и каботажных судах, курсирующих в умеренных зонах, и другая — класса В, для электродвигателей предназначенных для оснащения морских суден.

ДК 621.313.333.048.1.004.6

Беринде, В. и *Соаре, И.:* **Долговечность изоляционной схемы „Е", применяемой в конструкции асинхронных электрических машин низкого напряжения, мощностью до 100 квт.**

Electrotehnica **13**, № 10, октябрь 1965, стр. 371–377

Указываются заключения и результаты, полученные при экспериментальном определении, соответственно рекомендациям С.Е.І. (проект), долговечности изоляционной схемы „Е", путем ускоренных испытаний.

РЕЦЕНЗИИ 377–378
РЕФЕРАТЫ 378–381
ХРОНИКА 382–383
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ 383–384

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.317.716.088.3/4 ; 621.317.313

Hortopan, Gh. : **Kompensierung der Nebenschlüsse für die Messung von Strömen mit rapider Schwankung.**

Electrotehnica **13**, H. 10, Okt. 1965, S. 353–357

Der Aufsatz enthält eine theoretische Darlegung und eine experimentelle Prüfung der Möglichkeit, Nebenschlüsse bei der Messung von Strömen mit rapider Schwankung zu kompensieren. Zu diesem Zweck wird die Reaktion eines Nebenschlusses auf eine allmähliche Erregung analysiert und die vom Verfasser verwendete Schaltung und erzielten Versuchsergebnisse beschrieben. Es wird darauf hingewiesen, dass ein Nebenschluss gewöhnlicher Bauweise bei einer leichten Überkompensierung bessere Ergebnisse als ein Koaxialnebenschluss zeitigt.

DK 621.313.322–573.2

Drăgănescu, O. : **Betrachtungen über die Entstehungsweise des monoaxialen Drehmoments an der Synchronmaschine.**

Electrotehnica **13**, H. 10, Okt. 1965, S. 358–361

Es wird die Theorie des Monoaxialdrehmoments beim Anlassen der Synchronmotoren dargelegt und entsprechende Schlussfolgerungen für ein leichtes Anlassen gezogen. Die Prüfversuche bestätigen diese Schlüsse.

DK 621.317.39 ; 621.313. 1–573

Oprendeck, B. und *Natraşevschi, A.* : **Messung des Drehmoments und der Kräfte an der Welle mit Hilfe des Schwingdynamometers.**

Electrotehnica **13**, H. 10, Okt. 1965, S. 361–365

Es wird die Klassifizierung und die Betriebskenndaten der Schwingdynamometer dargelegt. Ferner werden die Messverfahren für den Drehmoment beschrieben und auf den Einfluss verschiedener Faktoren, vor allem der Schwingeabstützung, auf die Messgenauigkeit hingewiesen. Abschliessend werden die Ausrichtungen in der gegenwärtigen Technik hervorgehoben, und Anleitungen für die Labortechnik und die Industriepraxis gegeben.

DK 621. 313.333.048.1 ; 629.12

Antohi, C. und *Bercu, A.* : **Isolationsschaltungen für Asynchronmotoren im Schiffbau.**

Electrotehnica **13**, H. 10, Okt. 1965, S. 366–371

Nach einer kurzen Darlegung des gegenwärtigen Stands der Technik in diesem Bereich und der Bedingungen unter denen die Elektromotoren in den Schiffanlagen arbeiten müssen, geben die Verfasser einen Überblick über die im Institut für elektrische Forschung und Projektierung durchgeführten Arbeiten für die Festlegung optimaler Isolationen, sowie der erzielten Ergebnisse. Abschliessend werden zwei Schaltungen für die Einführung in den Fabrikationsprozess vorgeschlagen : eine Schaltung der E-Klasse für Elektromotoren, die für Fluss-und Küstenschiffe in temperierten Zonen bestimmt sind, und eine B-Klasse Elektromotoren, die in Hochseeschiffen montiert werden.

DK 621. 313.333.048.1.004.6

Berinde, V. und *Soare, I.* : **Lebensdauer der Isolierschaltung „E", die im Bau assynchroner elektrischer Niderspannungsmaschinen mit einer Leistung bis 100 kV verwendet wird.**

Electrotehnica **13**, H. 10, Okt. 1965, S. 371–377

Es werden die Schlussfolgerungen und die Ergebnisse der Bestimmungen dargelegt, die im Einvernehmen mit den Empfehlungen der Internationalen Kommission für Elektrotechnik im Hinblick auf die Lebensdauer einer Isolationsschaltung „E" bei beschleunigten Versuchen erzielt wurden.

BUCHBESPRECHUNGEN 377–378
REFERATE 378–381
CHRONIK 382–383
KURZNACHRICHTEN 383–384

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

Anul 13 **Nr. 10** **București, octombrie 1965**

MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONTJA 1883

Compensarea șunturilor utilizate la măsurarea curenților cu variații rapide

Gheorghe Hortopan* – București

CZ 621.317.716.088.3/4 : 621.317.313

Măsurarea curenților intenși cu variații rapide, care apar la încercările aparatelor electrice de comutație și a transformatoarelor, necesită utilizarea șunturilor de măsură în locul reductoarelor de curent, deoarece acestea introduc neliniarități importante și constante de timp de valori mari, ca urmare a existenței miezului de fier și a inductivităților.

O atenție deosebită se acordă construirii unor șunturi raționale atît la măsurarea curenților de scurtcircuit [1] care apar la încercarea întreruptoarelor de putere, cît mai ales la măsurarea curenților de impuls în descărcătoare electrice [2] și în transformatoare [3], [4].

Ideea de bază acceptată pînă în prezent este aceea a utilizării șunturilor coaxiale [4], [5], care prezintă o inductivitate mutuală minimă între circuitele de curent intens și de măsură. Căderea de tensiune de la bornele șuntului se aplică plăcilor unui oscilograf cu înscriere rapidă, a cărui sensibilitate este cuprinsă, în general, între 50 și 1 500 V.

Pe baza unor observații teoretice și experimentale [6], autorul arată că este posibil să se obțină șunturi de calitate superioară celor coaxiale. În acest scop este necesar ca șuntul, care poate avea o construcție oarecare, să fie compensat.

1. Răspunsul tranzitoriu la excitația treaptă

În figura 1, *a* s-a reprezentat schema de conectare a șuntului pentru măsura curentului. Căderea de tensiune de la bornele șuntului R, care, în general, este o rezistență de mică valoare (0,01 ÷ 5 Ω), este transmisă oscilografului catodic OC prin cablul coaxial de măsură C_m. Acesta este prevăzut la extremitatea dinspre oscilograf cu o rezistență neinductivă, egală, în valoare, cu impedanța caracteristică Z a cablului. Astfel, tensiunea u existentă la bornele rezistenței Z se aplică plăcilor oscilografului. Curentul i din circuitul principal se divide în curentul i_1, care parcurge rezistența R și în curentul i_2, care parcurge rezistența Z.

În figura 1, *b* s-a reprezentat schema echivalentă a schemei de montaj din figura 1, *a*. Se constată prezența inductivității L_1 în circuitul parcurs de curentul i și L_2 în circuitul de măsură și a inductivității mutuale M între cele două circuite. În figura 1, *c*, inductivitatea mutuală M există între circuitul parcurs de curentul i_1 și cel parcurs de curentul i. Din punct de vedere practic influența asupra circuitului de măsură se exercită atît de fluxul magnetic produs de curentul i, cît și de cel produs de curentul i_1. Întrucît curenții i și i_1 sînt foarte apropiați, ca valori, curentul i_2 derivat, fiind relativ mic în raport cu curentul principal i, în demonstrațiile ce urmează se consideră numai schema din figura 1, *b*.

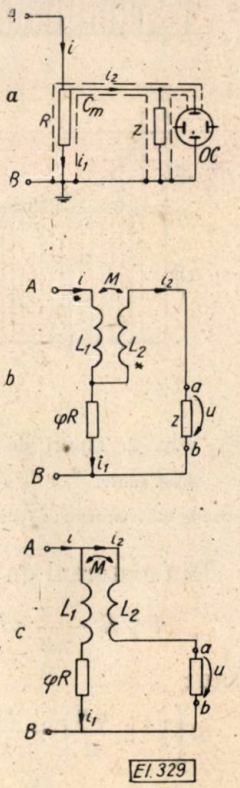


Fig. 1. Șuntul pentru măsura curenților :
a – schema de montaj; *b*, *c* – scheme echivalente.

EI 329

Cuplajul aditiv. Dacă cuplajul inductivității mutuale se consideră aditiv, ecuațiile diferențiale ale circuitului din figura 1, *b* sînt :

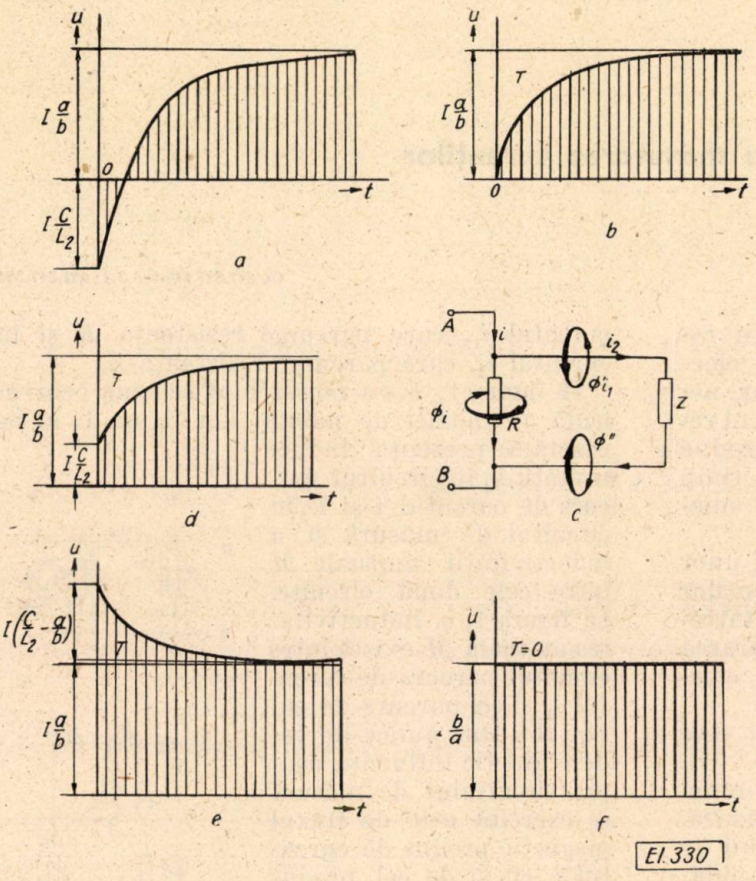
$$\left.\begin{aligned} (i - i_2)\ \varphi\ R &= L_2 \frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} + M \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + u \\ i_2 &= \frac{u}{Z} \\ \frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} &= \frac{i}{Z} \cdot \frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t} \end{aligned}\right\}, \quad (1)$$

* *G. Hortopan* este conferențiar la Institutul politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej" din București.

unde notaţiile nou introduse sînt :

φ — o funcţie de corecţie, care caracterizează prezenţa efectului pelicular şi a efectului de proximitate la diferite frecvenţe care intră în spectrul curentului i_1;

R — rezistenţa în curent continuu.



EI.330

Fig. 2. Tipuri de răspunsuri ale şuntului la excitaţia treaptă : a — cuplaj aditiv, $\frac{a}{b}+\frac{c}{L_2}>\frac{a}{b}$; $b-\frac{M}{L_2}-a$; c — cuplaj practic substractiv; d — cuplaj substractiv subcompensat; e — cuplaj substractiv supracompensat; f — cuplaj substractiv compensat.

Din sistemul de ecuaţii (1) se obţine :

$$i\varphi R-\frac{u}{Z}\varphi R=\frac{L_2}{Z}\cdot\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}+M\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}+u$$

sau :

$$u\left(1+\frac{\varphi R}{Z}\right)+\frac{L_2}{Z}\cdot\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}=i\varphi R-M\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}\cdot \qquad (2)$$

Soluţia ecuaţiei diferenţiale (2), dedusă în anexa 1, este :

$$u=I\left[\frac{a}{b}-\left(\frac{a}{b}+\frac{c}{L_2}\right)\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}\right] \qquad (3)$$

unde :

$$\left.\begin{aligned} a&=Z\ \varphi\ R,\\ b&=Z+\varphi R,\\ c&=Z\ M,\\ \tau&=\frac{L_2}{b}=\frac{L_2}{Z+\varphi R}\end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Ecuaţia (3) este susceptibilă de interpretări, şi anume :

Cazul 1

$$\frac{a}{b}+\frac{c}{L_2}>\frac{a}{b}\cdot \qquad (5)$$

În acest caz răspunsul este reprezentat în figura 2, a şi rezultă din însumarea treptei de amplitudine $I\frac{a}{b}$ cu o exponenţială negativă de amplitudine finală $I\left(\frac{a}{b}+\frac{c}{L_2}\right)$.

Cazul 2

Dacă inductivitatea mutuală M este mică în raport cu inductivitatea proprie L_2 a circuitului de măsură, rezultă că :

$$\frac{M}{L_2}\to 0 \quad \text{şi} \quad \frac{c}{L_2}\to 0,$$

iar expresia răspunsului este exponenţială :

$$u=I\frac{a}{b}(1-e^{-\frac{t}{\tau}}) \qquad (6)$$

şi este reprezentată în figura 2, b.

Dacă se cercetează constanta de timp a exponenţialei (6) :

$$\tau=\frac{L_2}{b}=\frac{L_2}{Z+\varphi R}$$

se constată că valori mari ale impedanţei caracteristice a cablului de măsură şi valori mari ale rezistenţei φR a şuntului acţionează favorabil, adică în sensul diminuării constantei de timp şi deci a timpului de răspuns al şuntului. Deci este preferabil a se folosi, din producţia industrială curentă, un cablu de măsură cu impedanţa de 70 Ω, în locul unuia cu impedanţa de 30 Ω.

Cuplajul substractiv. Dacă cuplajul inductivităţii mutuale se consideră substractiv, adică fluxul curentului i are semn contrar în bucla de măsură faţă de fluxul curentului i_2, ecuaţiile diferenţiale ale circuitului din figura *1, b* sînt :

$$\left.\begin{aligned} (i-i_2)\ \varphi R&=L_2\frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t}\rightarrow M\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}+u\\ i_2&=\frac{u}{Z}\\ \frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t}&=\frac{1}{Z}\cdot\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}\end{aligned}\right\}, \qquad (7)$$

Rezolvarea sistemului (7) este similară cu a sistemului (1), iar soluţia, la excitaţia treaptă de amplitudine I, este:

$$u = I\left[\frac{a}{b} - \left(\frac{a}{b} - \frac{c}{L_2}\right)e^{-\frac{t}{\tau}}\right]. \qquad (8)$$

Pe baza figurii 2, *c*, în care s-au reprezentat sensurile curenţilor şi ale fluxurilor corespunzătoare pentru cazurile practice, se constată că Φ_1 este antagonist faţă de Φ_1' şi Φ_1'' şi ca urmare, în practică, *cuplajul mutual între circuitul de măsură şi cel de curent intens este substractiv.*

Analiza relaţiei (8) duce la concluzii importante verificate experimental, în ceea ce priveşte răspunsul şuntului, şi anume:

Cazul 1

$$\frac{a}{b} - \frac{c}{L_2} < \frac{a}{b}, \text{ dar pozitiv.} \qquad (9)$$

Răspunsul rezultă, ca în figura 2, *d*, din însumarea treptei de amplitudine $I\frac{a}{b}$ cu o exponenţială negativă de valoare finală $I\left(\frac{a}{b} - \frac{c}{L_2}\right)$, iar şuntul se numeşte *subcompensat.*

Cazul 2

Dacă inductivitatea mutuală M este mică în raport cu inductivitatea proprie L_2 a circuitului de măsură, rezultă că:

$$\frac{M}{L_2} \to 0 \text{ şi } \frac{C}{L_2} \to 0, \qquad (10)$$

iar expresia răspunsului este dată de ecuaţia (6) şi este reprezentată de exponenţiala din figura 2, *b*. Pe această observaţie ($M \to 0$) se bazează construcţia şunturilor coaxiale.

Cazul 3

$$\frac{c}{L_2} > \frac{a}{b} \text{ şi deci } \frac{a}{b} - \frac{c}{L_2} < 0. \qquad (11)$$

Răspunsul rezultă din însumarea unei trepte de amplitudine $I\frac{b}{a}$ cu o exponenţială pozitivă descrescătoare de valoare iniţială $I\left(\frac{c}{L_2} - \frac{a}{b}\right)$, după cum se indică în figura 2, *e*, iar şuntul se numeşte *supracompensat.*

Cazul 4

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{L_2}. \qquad (12)$$

Răspunsul se reduce la treapta $I\frac{a}{b}$, adică are exact forma excitaţiei, dar redus la scara $\frac{a}{b}$ cum se indică în figura 2, *f*, iar şuntul este *compensat.*

Din toate formele de răspuns analizate, cel mai interesant în tehnica măsurărilor este dat de condiţia (12), care explicitată, are expresia:

$$\frac{Z\varphi R}{Z + \varphi R} = \frac{ZM}{L_2}$$

sau

$$\frac{\varphi R}{Z + \varphi R} = \frac{M}{L_2}. \qquad (13)$$

Dacă această condiţie este îndeplinită se obţine un şunt *compensat.* Adică, deşi circuitul de măsură are o inductivitate proprie L_2 bine definită şi există o inductivitate mutuală M bine definită, este posibil ca şuntul să aibă, teoretic, aceeaşi formă a răspunsului ca şi excitaţia. În cazul şuntului compensat timpul de răspuns T este zero.

Dacă relaţia (13) nu este îndeplinită, şunturile sînt fie *subcompensate* (fig. 2, *b*, *d*), fie *supracompensate* (fig. 2, *e*). În ultimele cazuri, timpul de răspuns T ia valori bine determinate. Răspunsul şuntului compensat este mai bun, fiind un răspuns ideal, decît cel al şuntului cu inductivitate mutuală nulă.

Dacă inductivitatea mutuală M este nulă, din expresia constantei de timp $\tau = \frac{L_2}{Z + \varphi R}$ rezultă că pentru a realiza un timp de răspuns T cît mai redus este necesar ca impendanţa caracteristică a cablului de măsură şi rezistenţa şuntului să aibă valori cît mai mari. Impedanţa caracteristică a cablurilor de măsură variază între 30 şi 70 Ω. Deci este normal să se prefere valoarea de 70 Ω. Rezistenţa şuntului se alege în funcţie de valoarea curentului măsurat şi de sensibilitatea oscilografului catodic. Este util să se folosească o schemă de măsură în care impedanţa caracteristică Z este împărţită în rezistenţele R_1 şi $Z - R_1$; la bornele oscilografului se aplică diferenţa de potenţial existentă la bornele rezistenţei $Z - R_1$.

Pentru a reduce influenţa efectului pelicular asupra valorii rezistenţei aparente φR a şuntului este necesar ca acesta să ia forma unui cilindru sau a unei benzi cu pereţi subţiri.

2. Experimentarea unui nou tip de şunt

Şunturile normale utilizate la măsura curenţilor cu variaţii rapide în timp sînt de tipul coaxial [3]. Răspunsul unui asemenea şunt depinde, în mare măsură, după cum arată Gary [3], de efectul pelicular. În adevăr, în figura 3 tensiunea de măsură u se obţine integrînd cîmpul electric în lungul unui fir trecînd prin

axa şuntului şi prin peretele lui pe lungimea A, B. Dacă i_2 este foarte mic se poate scrie:

$$u = \frac{d\Psi}{dt} + \rho\, l\, J, \qquad (14)$$

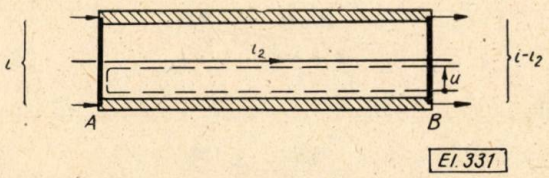


Fig. 3. Schema şuntului coaxial.

unde:

Ψ este fluxul care parcurge bucla desenată punctat;
ρ — rezistivitatea tubului parcurs de curent;
l — lungimea între punctele A şi B;
J — densitatea de curent.

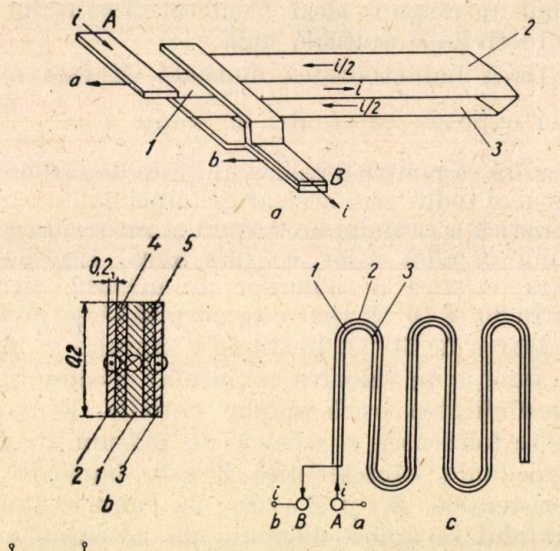
Dacă, în mod particular, bucla se parcurge pe peretele interior al tubului $d\Psi^2/dt = 0$, iar

$$u = \rho\, J\, l. \qquad (15)$$

Întrucît J, densitatea de curent, depinde de efectul pelicular, rezultă că acesta va influenţa mărimea măsurată u. De aici decurge necesitatea folosirii unor tuburi rezistive subţiri cu grosimea aproximativ egală cu adîncimea de pătrundere.

Realizarea unui şunt coaxial este dificilă întrucît necesită tragerea materialului rezistiv sub formă de ţeavă de grosime mică (de exemplu 0,2 mm).

Autorul a realizat tipul de şunt indicat în figura 4. Şuntul este format dintr-o bandă metalică interioară parcursă de curentul i într-un sens şi din două benzi metalice exterioare parcurse de curenţii $i/2$ în sens contrar. La o extremitate cele trei benzi sînt sudate împreună, iar la cealaltă extremitate benzile exterioare



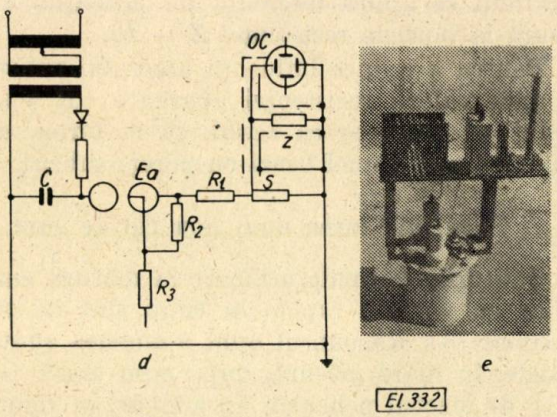


Fig. 4. Şunt pseudocoaxial:
a — vedere; *b* — secţiune; *c* — şuntul pliat; *d* — schema instalaţiei de încercare; *e* — fotografia instalaţiei de încercare.

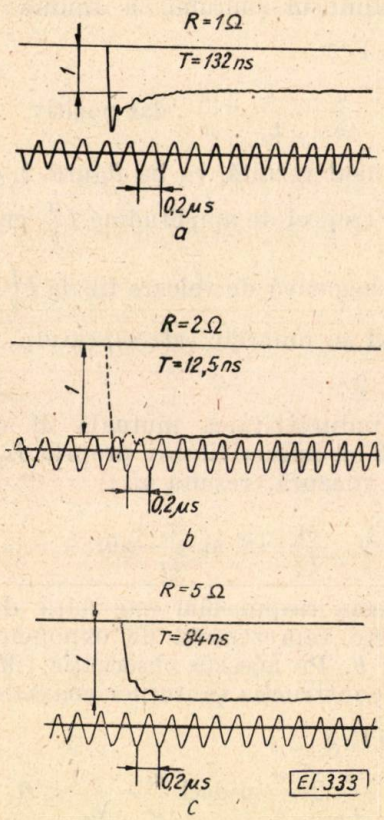


Fig. 5. Răspunsul şuntului la excitaţia treaptă:
a — răspuns supracompensat; *b* — răspuns aproxicompensat; *c* — răspuns subcompensat.

sînt legate electric. Izolaţia (reperele *4*, *5*) este subţire, de 0,2 mm. Benzile exterioare (reperele *2*, *3*) sînt formate din material rezistiv, iar cea interioară este din cupru. Ansamblul are o inductivitate totală redusă, datorită fluxului magnetic rezultant redus. Pentru a ocupa un volum restrîns şuntul se pliază ca în figura 4, *c*.

Verificarea experimentală a impusului de răspuns al şuntului necesită un impuls de curent practic rectangular, ceea ce se realizează cu schema din figura 4, *d*. Condensatorul C, cu o capacitate de 1μF, este încărcat în curent continuu la tensiunea de 5 kV. Cu ajutorul eclatorului E_a, prevăzut cu triger, condensatorul C

este descărcat pe rezistența neinductivă R_1 și șuntul S, care se încearcă. Impulsul de amorsare a eclatorului E_a provine de la un sincronizator, aparat utilizat curent în laboratorul de înaltă tensiune [4]. În figura 4, *e* este reprodusă fotografia dispozitivului de încercare.

Oscilogramele ridicate pentru două mărimi ale rezistenței șuntului pseudoaxial și o mărime a rezistenței unui șunt format din bandă pliată sînt date în figura 5, cu explicațiile din tabela 1.

Tabela 1

Explicația oscilogramelor din figura 5

Oscilograma din figura 5	Tipul șuntului	R, Ω	$\frac{a}{b}=\frac{Z\varphi R}{Z+\varphi R}$	Timpul de răspuns, μs	Tipul de răspuns
a	pseudo-coaxial	1	0,985	0,132	Supracompensat
b	pseudo-coaxial	2	1,94	0,0125	practic compensat
c	bandă pliată	5	4,68	0,084	subcompensat

Observație: S-a considerat $\varphi = 1$; $Z = 70\ \Omega$.

Se observă că, menținînd tipul de șunt pseudoaxial, prin creșterea rezistenței de la 1 la 2 Ω, răspunsul său din supracompensat ajunge să fie compensat, o *performanță deosebit de bună, avînd timpul de răspuns de 12,5 ns.*

Un timp de răspuns bun se obține și cu un șunt de construcție mai puțin pretențioasă, cum este șuntul din bandă pliantă a cărui oscilogramă este prezentată în figura 5, *c* cu condiția ca valoarea rezistenței lui să fie mai mare. În cazul practic experimentat $R = 5\,\Omega$.

Din expresia raportului $\frac{a}{b}$, calculată în tabela 1, rezultă că, dacă $Z = 70\ \Omega = \text{ct}$, acest raport variază, practic, între aceleași limite cu cele ale rezistenței R a șuntului. Aceasta înseamnă că, pe cale experimentală, se poate îndeplini condiția de compensare:

$$\frac{M}{L_2}=\frac{R}{Z+\varphi R}.$$

3. **Concluzii.** Se demonstrează teoretic și se verifică experimental posibilitatea compensării șunturilor utilizate la măsura curenților cu variații rapide. Șuntul compensat are un timp de răspuns, practic, zero și deci este superior din punct de vedere calitativ șuntului coaxial. Tipul de șunt realizat de autor are un timp de răspuns de 12,5 ns.

Anexa 1

Deducerea relației (3)

Prin aplicarea transformării Laplace ecuației (2) se obține:

$$\left(1+\frac{\varphi R}{Z}\right)\mathfrak{L}u+\frac{L_2}{Z}p\,\mathfrak{L}u=\varphi R\,\mathfrak{L}i-Mp\,\mathfrak{L}i$$

sau

$$\mathfrak{L}u=\mathfrak{L}i\,\frac{\varphi R-M_p}{1+\frac{\varphi R}{Z}+\frac{L_2}{Z}p}. \tag{16}$$

Este convenabil ca relația (16) să se scrie sub forma:

$$\mathfrak{L}u=\mathfrak{L}i\,\frac{Z\varphi R}{Z+\varphi R+L_2p}-\mathfrak{L}i\,\frac{ZM_p}{Z+\varphi R+L_2p}. \tag{17}$$

Cu notațiile:

$$\left.\begin{aligned} a&=Z\varphi R;\\ b&=Z+\varphi R;\\ c&=ZM,\end{aligned}\right\},$$

relația (17) devine:

$$\mathfrak{L}u=\mathfrak{L}i\,\frac{a}{b+L_2p}-\mathfrak{L}i\,\frac{cp}{b+L_2p}. \tag{18}$$

Prin aplicarea excitației treaptă de amplitudine I rezultă $i=\frac{I}{p}$, iar ecuația (18) se transformă în:

$$\alpha u=\frac{Ia}{p(b+L_2p)}-\frac{Ic}{n+L_2p},$$

care se poate scrie sub forma:

$$\alpha u=\frac{I\frac{a}{b}}{p\left(1+\frac{L_2}{b}p\right)}\cdot\frac{I\frac{c}{b}}{1+\frac{L_2}{b}p}. \tag{19}$$

Rezultă astfel funcția original:

$$u=I\frac{a}{b}\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)-I\frac{c}{b}\cdot\frac{b}{L_2}e^{-\frac{t}{\tau}}, \tag{20}$$

unde s-a notat:

$$\tau=\frac{L_2}{b}=\frac{L_2}{Z+\varphi R}.$$

Ecuația (20) se poate scrie sub forma:

$$u=I\left[\frac{a}{b}-\left(\frac{a}{b}+\frac{c}{L_2}\right)e^{-\frac{t}{\tau}}\right]. \tag{3}$$

Bibliografie

[1] *Kabelik, I., Kohoult, I.* și *Smajler, A.* Les procédés méthodiques de la commande et des mesures électriques pendant les essais en court-circuit. VUSE — CSR, 1959.

[2] *Gally, R.* Problèmes de mesure de la tension d'amorsage au choc des parafondres. În: Bul. Oerlikon, nr. 332, feb 1959.

[3] *Gary, C.* La mesure des courants de choc; critérium de qualité d'un shunt. Ed. F, 1960.

[4] *Horlopan, G.* Tehnica impulsului în laboratorul de înaltă tensiune. București, Editura tehnică, 1965.

[5] * * * Shunt coaxial pour la mesure des courants de choc. În: R.G.E. **65**, nr. 5, 1956, p. 279—289.

[6] *Horlopan, G.* Concepții noi privind măsurarea tensiunilor înalte și a curenților intenși. Lucrare de dizertație, I.P.B., 1965.

Intrat în redacție la 15. VII. 1965

Considerații asupra modului de producere a cuplului monoaxial la mașina sincronă

Ovidiu Drăgănescu* — Craiova

CZ 621.313.323-573.2

Pe caracteristica $M=f(s)$ a mașinilor sincrone se remarcă uneori prezența unui cuplu parazit, de tip asincron, în jurul alunecării $s = 0{,}5$.

Atunci cînd valoarea acestui cuplu parazit este importantă, caracteristica mecanică, datorită undei fundamentale a cîmpului, este puternic deformată.

Dacă cuplul rezistent, creat de agregatul antrenat, este mai mare decît cuplul minim al motorului de antrenare, acesta se stabilește la o turație egală cu aproximativ jumătate din turația sa sincronă, ceea ce constituie un regim de funcționare nedorit.

La mașinile asincrone acest cuplu parazit apare atunci cînd o fază a bobinajului rotoric este întreruptă. Fenomenul a fost remarcat pentru prima oară la acest tip de mașină de către Georges. Procesul fizic care determină apariția acestui fenomen a fost explicat mult mai tîrziu [1], explicație care va fi expusă succint în continuare.

Bobinajul rotoric al motorului asincron trifazat, prin întreruperea unei faze, devine un bobinaj monofazat care dă naștere la un cîmp magnetic învîrtitor de succesiune directă și unul de succesiune inversă, ambele egale în amplitudine. Sensul de rotație se consideră în raport cu statorul. Cîmpul învîrtitor de succesiune directă al rotorului, interacționînd cu cîmpul magnetic învîrtitor de succesiune directă al statorului, determină cuplul fundamental al motorului asincron.

Cîmpul magnetic învîrtitor invers se rotește față de stator cu o viteză:

$$n_i = 2n - n_0,$$

unde:

n_i este viteza de rotație a cîmpului învîrtitor invers, rot/min;
n — viteza de rotație a rotorului, rot/min;
n_0 — viteza de rotație sincronă, rot/min.

El induce în bobinajul statorului o tensiune electromotoare, deci un curent trifazat de frecvență:

$$f_i = f_0(1 - 2s),$$

unde:

f_i este frecvența indusă de cîmpul învîrtitor invers, Hz;
f_0 — frecvența tensiunii de alimentare;
s — alunecarea.

Curenții de frecvență f_i vor determina apariția în stator a unui cîmp învîrtitor, care se va roti față de acesta cu viteza $n = 2n - n_0$, deci cu aceeași viteză cu care se învîrtește și cîmpul magnetic de succesiune inversă al rotorului. Prin interacțiune, cele două cîmpuri învîrtitoare de succesiune inversă dau naștere la un cuplu care se suprapune peste cel creat de cîmpul de succesiune directă. Acest cuplu are alunecarea dată de relația:

$$s_i = \frac{2s - 1}{s},$$

unde:

s_i este alunecarea cuplului de succesiune inversă;
s — alunecarea cuplului fundamental.

Se observă din această relație că pentru $1 > s > 0{,}5$ cuplul de succesiune inversă este motor, iar pentru $0{,}5 > s > 0$ este generator, la alunecarea $s = 0{,}5$ avînd valoarea zero.

Acest cuplu se numește monoaxial.

Teoria cunoscută referitoare la modul de formare a cuplului monoaxial la mașinile asincrone a fost aplicată și la mașinile sincrone pentru a explica apariția cuplului parazit. Ideea care a determinat aceasta s-a bazat pe faptul că bobinajul de excitație al mașinii sincrone este bobinaj monofazat, care ar avea o comportare similară, în perioada pornirii, cu acel al mașinii asincrone în regimul studiat mai sus.

Totuși, această teorie aplicată la mașina sincronă nu este unitară. Cercetările experimentale efectuate pentru studierea comportării diverselor variante constructive de mașini sincrone în perioada pornirii [2], [3], [4], în funcție de modul de conectare a bobinajului de excitație, duc la rezultate care nu pot fi explicate pe baza teoriei arătate.

Aceste neconcordanțe sînt următoarele:

1. Cuplul monoaxial este prezent pe caracteristica mecanică și în situația în care această caracteristică este ridicată cu bobinajul de excitație deschis.

Pe baza teoriei arătate, bobinajul de excitație neparticipînd, în acest regim, la obținerea cuplului rezultant, nu ar trebui să apară cuplul monoaxial. Caracteristicile $M = f(s)$ ridicate, cu bobinajul de excitație deschis, la cîteva tipuri reprezentative de mașini sincrone, sînt prezentate în figura 1. Pe toate aceste caracteristici se remarcă într-o măsură mai mică sau mai mare prezența cuplului monoaxial. Curba *1* este caracteristica mecanică a unui motor sin-

* *O. Drăgănescu* este inginer principal la laboratorul central al Uzinelor „Electroputere".

cron de 320 kW, 6 kV, 750 rot/min cu piese polare masive, iar curbele *2*, *3* și *4* reprezintă aceeași funcție a unui motor sincron de 630 kW, 6 kV, 1000 rot/min, pentru colivia de pornire din fier, cupru și alamă. Se precizează că cele trei colivii de pornire înlocuite succesiv pe aceeași mașină au avut aceleași dimensiuni geometrice, diferind numai materialul din care erau confecționate.

2. La unele tipuri constructive de mașini sincrone, prin conectarea bobinajului de excitație pe rezistență sau în scurtcircuit, în perioada pornirii, amplitudinea cuplului monoaxial crește (curbele *1* și *2*, figurile 2 și 3), iar la altele se micșorează (curbele *3* și *4*, figurile 2 și 3) în comparație cu situația în care bobinajul de excitație este deschis.

Într-adevăr, pe curbele *1* și *2* (fig. 2) amplitudinea cuplului monoaxial este mai mare, deformarea caracteristicii $M = f(s)$ fiind mai pronunțată decît în situația în care bobinajul de excitație este deschis (fig. 1, curbele *1* și *2*). Același fenomen însă mai accentuat se observă la curbele *1* și *2* din figura 3.

Spre deosebire de această comportare, pentru coliviile de cupru și alamă caracteristica $M = f(s)$ determinată cu bobinajul de excitație pe rezistență sau în scurtcircuit (curbele *3*, *4* figurile 2 și 3) nu mai prezintă cuplul monoaxial

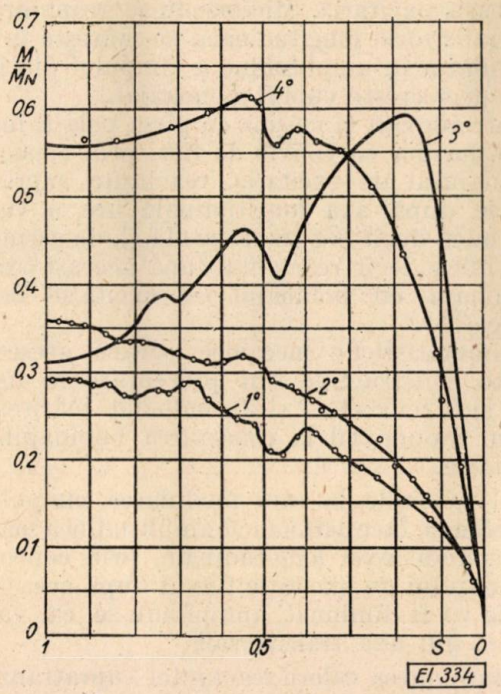


Fig. 1. Caracteristicile $M = f(s)$ ridicate la $U = 0{,}5\ U_N$ cu bobinajul de excitație deschis:
1 – rotor cu piese polare masive; *2* – rotor cu colivie de fier; *3* – rotor cu colivie de cupru; *4* – rotor cu colivie de alamă.

În aceste situații bobinajul de excitație ia parte la producerea cuplului rezultant, deci, conform teoriei expuse, ar trebui ca pentru toate variantele constructive prezența sa să mărească amplitudinea cuplului monoaxial, adică să accentueze deformarea caracteristicii $M = f(s)$, datorită undei fundamentale, în comparație cu situația cînd acesta este deschis.

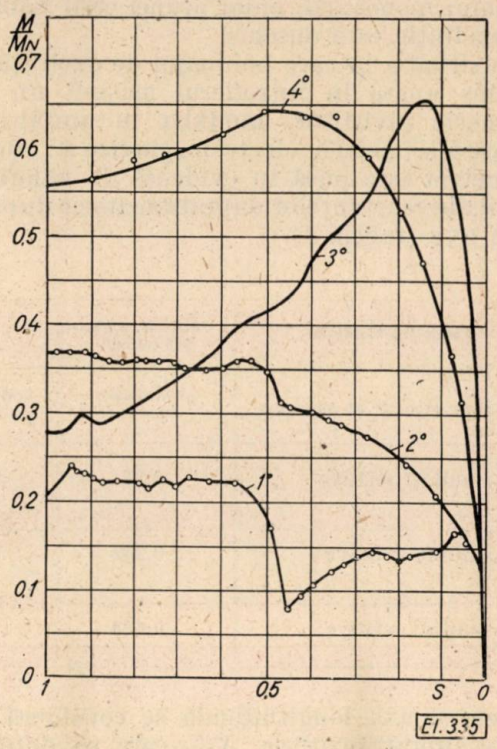


Fig. 2. Caracteristicile $M = f(s)$ ridicate la $U = 0{,}5\ U_N$ cu bobinajul de excitație conectat pe o rezistență de 10 ori valoarea sa:
1 – rotor cu piese polare masive; *2* – rotor cu colivie de fier; *3* – rotor cu colivie de cupru; *4* – rotor cu colivie de alamă.

Avînd în vedere neconcordanțele care există între teorie și rezultatele experimentale, se prezintă o ipoteză, verificată experimental, în legătură cu modul de producere a cuplului monoaxial la mașinile sincrone. Pe baza acestei ipoteze se explică comportarea mașinii sincrone în perioada pornirii în funcție de modul de conectare a bobinajului de excitație pentru diverse variante constructive.

Astfel, se consideră că în întrefierul mașinii sincrone, în perioada pornirii, apare un flux magnetic învîrtitor modulat în amplitudine, indiferent de modul în care este conectat bobinajul de excitație. Această modulare în amplitudine a fluxului din întrefier se datorește asimetriei magnetice și electrice după cele două axe ale mașinii sincrone.

Cîmpul magnetic învîrtitor modulat în amplitudine poate fi descompus într-un cîmp magnetic învîrtitor de amplitudine constantă, și un cîmp pulsatoriu.

Cîmpul pulsatoriu, la rîndul său, se descompune într-o componentă directă și una inversă, ambele de amplitudine egală. Componentele directe determină, după cum se știe, cuplul asincron fundamental, iar componenta de succesiune inversă este aceea care determină cuplul

monoaxial care se suprapune peste cuplul fundamental.

Considerînd în acest mod producerea cîmpului de succesiune inversă, se poate explica apariția cuplului monoaxial, chiar atunci cînd bobinajul de excitație este deschis.

În situația în care bobinajul de excitație este deschis apare în întrefierul mașinii un cîmp magnetic învîrtitor, modulat în amplitudine, datorită asimetriei electromagnetice a rotorului. Asimetria este pusă în evidență de valorile diferite ale reactanțelor supratranzitorii după cele două axe (tabela 1).

poate fi pusă în evidență existența unui cîmp de succesiune inversă, necondiționat de prezența înfășurării de excitație, cîmp care creează cuplul monoaxial.

Comportarea diferită din punctul de vedere al cuplului dezvoltat de motor în perioada pornirii, la conectarea bobinajului de excitație, depinde de axa după care cîmpul modulat are amplitudinea maximă.

Astfel, la mașinile la care amplitudinea maximă a cîmpului modulat corespunde axei transversale, prin conectarea bobinajului de excitație, care este amplasat în axa longitudinală, va

Tabela 1

Parametrii motorului	320 kW, 6 kV, 750 rot/min	630 kW, 6 kV, 1000 rot/min			Observații
Tipul constructiv al rotorului	piese polare masive	colivie de pornire din fier	colivie de pornire din cupru	colivie de pornire din alamă	
X''_{do}, unități relative	0,27	0,31	0,206	0,227	bobinajul de excitație deschis
X'_d, unități relative	0,252	0,251	0,157	0,166	bobinajul de excitație scurtcircuitat
X''_q, unități relative	0,408	0,29	0,142	0,153	—

Pentru axa longitudinală se consideră reactanța supratranzitorie X''_{do}, care se determină cu bobinajul de excitație deschis. Întrucît cîmpul este modulat în amplitudine, conform teoriei prezentate și, în acest regim de lucru al mașinii,

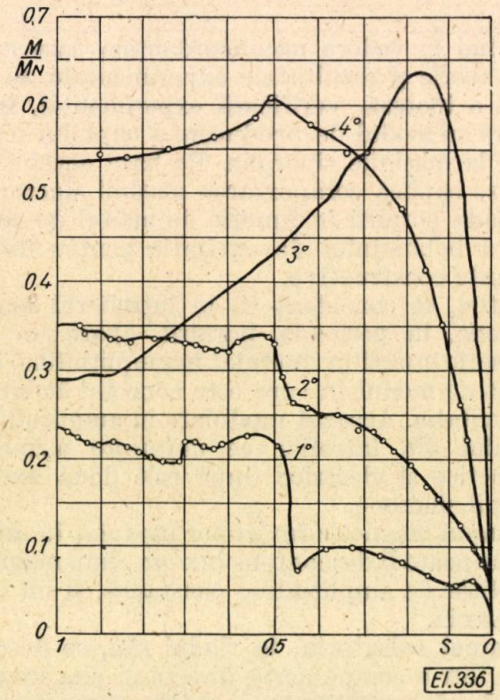


Fig. 3. Caracteristicile $M = f(s)$ ridicate la $U = 0{,}5\ U_N$ cu bobinajul de excitație conectat în scurtcircuit:

1 – rotor cu piese polare masive; *2* – rotor cu colivie de fier; *3* – rotor cu colivie de cupru; *4* – rotor cu colivie de alamă.

fi diminuat fluxul rezultant după axa în care lucrează excitația. Micșorîndu-se reactanța supratranzitorie longitudinală, se mărește în final modulația în amplitudine a cîmpului din întrefier, deci crește cuplul monoaxial.

Într-adevăr, la mașina cu piesa polară masivă și la mașina cu colivie de fier, prin conectarea bobinajului de excitație, reactanța supratranzitorie după axa longitudinală are o valoare mai mică decît cea transversală și, de asemenea, mai mică decît reactanța după aceeași axă determinată cu bobinajul de excitație deschis (tabela 1).

Caracteristicile mecanice pentru aceste variante constructive sînt prezentate în figurile 1, 2 și 3 (curbele *1* și *2*), indicînd mărirea cuplului monoaxial la conectarea bobinajului de excitație.

La mașinile la care modularea cîmpului în întrefier se face astfel încît amplitudinea maximă corespunde axei longitudinale, prin conectarea bobinajului de excitație fluxul după această direcție va fi diminuat, apropiindu-se ca valoare de cel din axa transversală.

Diminuarea valorii reactanței supratranzitorii după direcția longitudinală la conectarea bobinajului de excitație și apropierea ei, ca valoare, de aceea după axa transversală sînt puse în evidență experimental (tabela 1).

Micșorarea amplitudinii modulației cîmpului din întrefier prin conectarea bobinajului de excitație are ca efect micșorarea amplitudinii cuplului monoaxial.

La mașinile sincrone cu polii aparenți la $X_q'' > X_d''$, prin conectarea bobinajului de excitație în perioada pornirii, cuplul monoaxial crește, iar la cele la care $X_q'' > X_d''$, se micșorează.

Concluzii

Întrucît pornirea motorului sincron se face, în general, cu bobinajul de excitație conectat pe rezistență, pentru ca acest mod de conexiune să nu afecteze comportarea sa în perioada pornirii, este necesar ca motorul să fie realizat constructiv astfel ca reactanța supratranzitorie transversală să nu fie mai mare decît reactanța longitudinală cu bobinajul de excitație conectat.

Bibliografie

[1] *Gheorghiu, S. I.* Mașini electrice, vol. III, ed. II. București, Editura didactică și pedagogică, 1962.

[2] *Drăgănescu, Gh. O., Cîmpeanu, A. și Galbenu, Gh.* Cercetări experimentale asupra caracteristicii de pornire a mașinilor sincrone. Comunicări tehnice „Electroputere" — Craiova, 1963, pag. 28—32.

[3] *Drăgănescu, Gh. O., Galbenu, Gh., Stamate, S. și Cîmpeanu, A.* Cercetări experimentale asupra caracteristicii de pornire a mașinilor electrice rotative, sincrone și asincrone. În : Electrotehnica, nr. 8, 1964, pag. 289—294.

[4] *Drăgănescu, Gh. O., Galbenu, Gh. și Cristea, N.* Influența naturii materialului coliviei asupra parametrilor de pornire ai mașinii sincrone. În : Electrotehnica, nr. 2, 1965, pag. 41—45.

Intrat în redacție la 10. VII. 1965

Măsurarea cuplurilor de rotație și a puterilor la arbore cu ajutorul dinamometrelor balansoare

Bernard Oprendeck și Alfred Natrașevschi* — Timișoara

CZ 621.317.39 : 621.313.1 – 57

Conform Directivelor Congresului al IX-lea al P.C.R. cu privire la ridicarea continuă a calității producției, întreprinderile constructoare de mașini electrice, mașini hidraulice etc. își îndreaptă tot mai mult atenția spre metode superioare de control al cuplului și puterii la arborele diferitelor tipuri de mașini și mecanisme.

Deoarece, de multe ori, pentru aceasta se folosesc metode greoaie și neprecise, iar literatura de specialitate, și ea, foarte restrînsă, omite cele mai avantajoase metode, lucrarea de față își propune o analiză critică a posibilităților existente, selectînd pe baza unui material teoretic și experimental soluțiile optime.

Generalități și clasificare

Tendința modernă, în măsurarea cuplurilor la arborele în rotație, este de a se utiliza dinamometre cu stator balansor, care oferă o precizie ridicată, fiind totodată robuste și simple constructiv. În principiu ele sînt compuse dintr-un rotor cuplat mecanic sau electromagnetic cu un stator suspendat, capabil să balanseze. Rotorul, cuplat rigid cu arborele mașinii de cercetat, transmite statorului un cuplu egal cu cel de măsurat. Statorul este prevăzut cu un braț la a cărui extremitate măsurarea cuplului corespunde cu măsurarea unei forțe.

După direcția fluxului de putere, între dinamometrul și mașina cercetată distingem :

1 — dinamometre balansoare antrenante ;
2 — dinamometre balansoare frînă ;
3 — dinamometre balansoare reductoare, care nu dezvoltă și nu consumă putere.

Din punct de vedere funcțional se poate face următoarea clasificare :

A — dinamometre balansoare cu fricțiune
  a) cu brățară ;
  b) cu bandă ;
  c) cu discuri ;
B — dinamometre balansoare hidraulice
  a) cu discuri ;
  b) cu palete ;
  c) cu știfturi ;
  d) cu camere alveolare ;
  e) cu film de ulei ;
  f) volumice ;
C — dinamometre balansoare aerodinamice
  a) cu palete ;
  b) cu elice ;
D — dinamometre balansoare electrice
  a) cu mașini de curent continuu ;
  b) cu mașini de curent alternativ ;
  c) cu inducție ;
E — dinamometre balansoare reductoare
  a) cu stator balansor ;
  b) cu roată dințată mobilă.

Caracteristici funcționale și constructive

Un dinamometru este cu atît mai bun cu cît caracteristica sa mecanică $C = f(n)$ este mai mobilă și mai ușor reglabilă, avînd astfel posibilitatea realizării de puncte stabile de funcționare cu orice mașini sau mecanisme, cu orice

* *Bernard Oprendeck* este șef de lucrări la catedra de mașini electrice, facultatea de electrotehnică, I.P.T. ; *Alfred Natrașevschi* este absolvent din seria 1964/65 al facultății de electrotehnică I.P.T.

alură a caracteristicii mecanice. Din acest punct de vedere dinamometrele cu fricțiune, hidraulice și aerodinamice au mari dezavantaje, avînd caracteristici mecanice puțin reglabile. În plus, ele oferă doar regim de dinamometru

Metoda este deosebit de avantajoasă, deoarece caracteristicile acoperă toate cadranele, iar în primele două variante oferă regimuri de motor cît și de generator, respectiv de frînă. Instalația este robustă, iar reglarea se efectuează simplu,

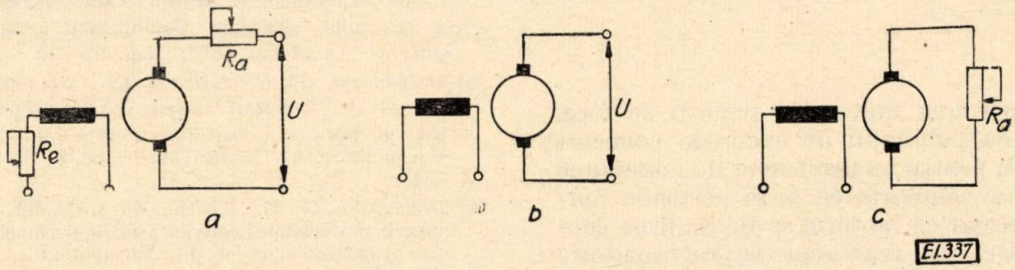


Fig. 1. Posibilitățile de conectare a dinamometrului cu mașină de curent continuu.

frînă. Sînt în schimb robuste și simple, constructiv, fapt pentru care se folosesc în cazurile cele mai nepretențioase.

Mașinile electrice fiind, prin excelență, rotative, sînt perfect adaptabile acestui scop.

1. Dinamometrele cu mașină de c.c. sînt prevăzute cu o mașină de c.c. cu excitație separată

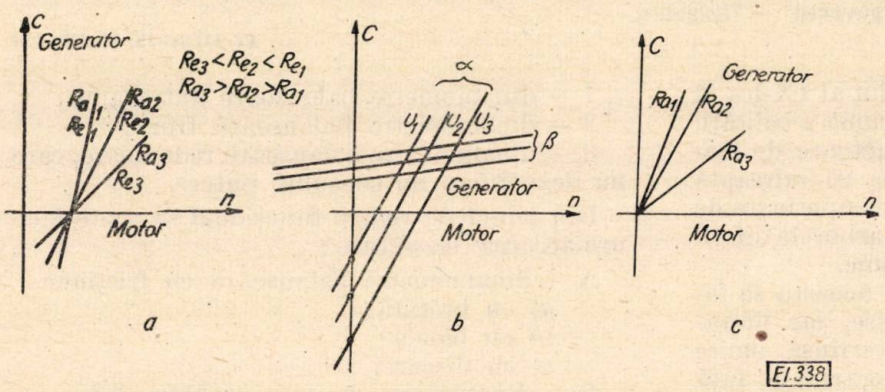


Fig. 2. Caracteristicile mecanice ale dinamometrului cu mașină de curent continuu.

de putere adecvată. Datorită proprietăților deosebite ale caracteristicilor mecanice, cu ele se poate ridica curba $C = f(n)$ pentru motoare sau mecanisme cu orice alură a caracteristicii mecanice. Astfel, se poate demonstra simplu că, pentru curentul de excitație constant, corelația cuplu turație este de forma:

$$C = \pm K_1 n \mp K_2 .$$

Semnele corespund pentru regimurile de generator, respectiv motor. Egalitatea reprezintă ecuația unei drepte cu coeficientul unghiular K_1 și ordonată la origine K_2. Se deosebesc trei cazuri, conform figurii 1.

După cum se variază rezistența din circuitul indusului în cazul a sau c se obțin familiile de drepte din figura 2, *a*, respectiv figura 2, *c*. Familia de drepte din figura 2, *a* se poate obține modificînd și pe R_e, deci excitația. Modificînd tensiunea rețelei, respectiv a unei surse de c.c. de putere suficient de mare, în schema din figura 1, *b*, se obține familia de drepte din figura 2, *b*.

obținîndu-se puncte stabile de funcționare cu orice altă caracteristică. De exemplu, în figura 3 este arătată ridicarea comodă, prin puncte, a caracteristicii mecanice a mașinii asincrone cu ajutorul variantei b.

Se remarcă posibilitatea ridicării ei și în domeniul de frînă și a sesizării cuplurilor parazite [4], [6], [8], [10], [12]. Dinamometrul poate funcționa ca antrenant sau ca frînă. Dacă antrenează un mecanism, turația se poate regla satisfăcător prin modificarea curentului de excitație. Se obține reglarea în limitele 1 : 4. Prin modificarea tensiunii la borne se poate obține o reglare mult mai largă (între plus și minus turația nominală).

2. Dinamometrele cu mașină de c.a. sînt prevăzute cu o mașină asincronă ori cu colector cu stator basculant. În cazul mașinii asincrone, reglarea se poate face în următoarele feluri:

— reglarea prin frecvență. Se folosesc mașini

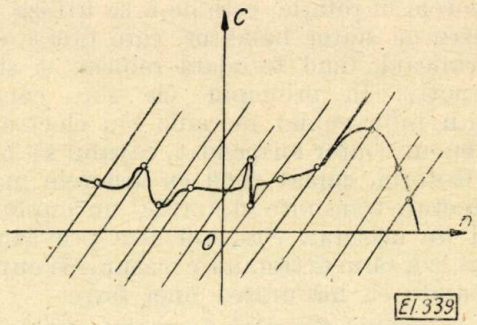


Fig. 3. Exemplu de ridicare a caracteristicii mecanice la mașina asincronă.

asincrone cu rotor în scurtcircuit, alimentate de la un transformator de frecvență tip sincron sau asincron, de la care se și efectuează reglarea.

Se asigură o caracteristică suficient de dreaptă și domenii de reglare pînă la 1 : 4;

— cu reostat de reglare în circuitul rotoric. Reglarea se face în trepte (dezavantajos) sau continuu cu reostate cu lichid (incomode). Domeniul de reglare este limitat de pierderi;

— cu muflă de alunecare. Asigură reglare continuă și suportă cu ușurință suprasarcinile.

Aceste dinamometre au următoarele proprietăți: oferă regim de motor și frînă; au cuplu scăzut la turații mici; au instalație mai complicată.

Dacă se folosește o mașină de curent alternativ cu colector, reglarea se efectuează prin simpla deplasare a periilor pe periferia colectorului. Mașina poate funcționa cu recuperare de energie, direct în rețea. Se realizează reglarea turației în raportul 1 : 3. La limită se poate merge pînă la 1 : 6.

3. Dinamometrele cu inducție pot funcționa numai ca frînă și se folosesc atunci cînd energia generată de mașina de cercetat nu este prea mare, deși poate atinge valori momentane importante. Ele pot fi:

— cu indus masiv sau în scurtcircuit. Se folosesc pentru domenii mari de reglare a turației și cuplului. Reglarea se face prin intermediul curentului de excitație. În funcție de putere și durata de lucru se întrebuințează răcire cu apă sau aer. Aceste dinamometre permit cu ușurință automatizarea comenzilor;

— cu discuri și poli proeminenți. Acestea au dimensiuni mai mari și sînt destinate pentru puteri mici;

— cu magnetoemulsie. Sînt mai compacte, dar oferă domenii de reglare reduse.

Precizia dinamometrelor balansoare

Precizia măsurării depinde de două grupuri de factori. Primul grup derivă din pierderile aferente mașinii balansoare:

a) construcția reazemelor balansoare;
b) frecarea ventilatorului cu aerul;
c) felul aducerii apei de răcire, uleiului și curentului;
d) felul cuplării tahometrului, amortizorului etc. A doua grupă cuprinde factorii care caracterizează sistemul de măsurare:
a) caracteristicile metrologice ale sistemului;
b) construcția sistemului de măsurare.

O importanță deosebită pentru precizia măsurării o are construcția lagărelor. Cînd cele cu rulmenți cu bile sînt prea grosolane, se folosesc lagăre cu suspensie elastică, cu rulmenți oscilanți, aerostatice etc.

Cuplul la arborele mașinii de cercetat este egalat de suma următoarelor cupluri:

M_M — cuplul care apare între statorul și rotorul dinamometrului;
M_V — cuplul de frecare cu aerul a ventilatorului;
M_{P1} — cuplul de frecare în rulmenții statorului basculant;
M_{P2} — cuplul de frecare în rulmenții rotorului și la perii;
M_N — cuplul de frecare în tahometru.

Statorului i se transmit integral cuplurile M_M și M_{P2}, iar parțial M_V, M_{P1} și M_N de loc. Dacă $M_{V'}$ se transmite statorului, iar $M_{V''}$ scapă măsurării ($M_V = M_{V'} + M_{V''}$), înseamnă că se măsoară cuplul: $M_{măs} = M_M + M_{P2} + M_{V'}$ — în regim de generator.

M_{P1}, M_N și $M_{V''}$ introduc erori sistematice pentru care se introduc corecții. Cuplul real:

$$M = M_{măs} + M_{V''} + M_N + M_{P1} = M_{măs} + M_{cor}.$$

Analog se deduce și în regim de motor.

Metode de măsurare a cuplului

Forța necesară pentru echilibrarea forței care apare la brațul statorului basculant se poate obține prin:

a) acțiunea unei greutăți;
b) forța de deformație a unui element elastic;
c) presiunea unui fluid;
d) forța de interacțiune magnetică.

Soluția a este cea mai simplă dar necesită intervenția manuală a manipulantului. Soluția b oferă frumoase posibilități putîndu-se realiza citirea automată, eventual, și înregistrarea cuplurilor care variază cu frecvență pînă la 25 Hz. Soluțiile c și d se aplică în cazuri speciale.

Reazeme balansoare

Modul de rezemare a statorului balansor influențează în măsură foarte mare precizia aparatului. Alegerea reazemelor balansoare se face ținînd cont de: mărimea cuplului introdus de forțele de frecare în reazeme; stabilitatea axei geometrice a mașinii; gradul de siguranță în funcționare; simplitatea realizării.

1. Reazemele pe rulmenți sînt cele mai obișnuite. Rulmentul nu se alege pe considerente de rezistență, ci constructive.

2. Reazeme pe rulmenți oscilanți. Deoarece rulmenții balansori lucrează la turații foarte mici, coeficientul de frecare ia valori mari. De asemenea, la pendulări mici lagărele lucrează cu frecare semiumedă sau chiar uscată. Iată deci că funcționarea reazemelor balansoare la turații mari ar duce la o dublă ameliorare a situației, scăzînd mult frecarea în ele. De aceea este recomandabilă utilizarea de lagăre oscilante. Funcționarea și proiectarea acestora sînt complet elucidate în [1], [7], [9]. Ele pot ridica precizia aparatului de 40 ori.

3. Reazemele elastice se pretează la metoda de nul. În acest caz lucrul mecanic, consumat pentru deformarea elastică a reazemelor, nu influențează asupra preciziei măsurării, cuplul

de frecare fiind practic nul. Acest sistem se întrebuințează la măsurarea cuplurilor mici cu dinamometre grele. O soluție constructivă este așezarea dinamometrului pe o ramă balansoare, care se suspendă elastic ca în figura 4.

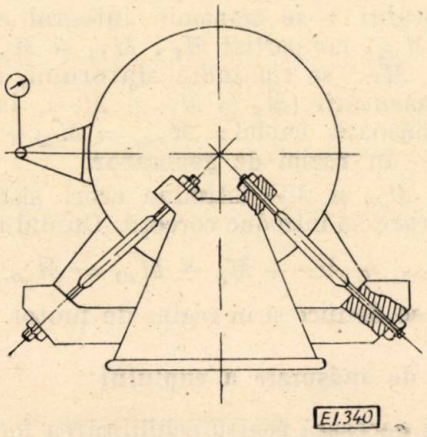


Fig. 4. Dinamometru cu suspensie elastică.

Trebuie menționat că sistemul nu asigură stabilitatea axei geometrice și de rotație a mașinii, dar deplasările acestora sînt neglijabile. Trebuie să se țină seamă de creșterea gradului de sensibilitate datorită rigidității elementelor elastice. În cazul cînd elementul elastic este folosit, concomitent, ca reazem și pentru producerea de cuplu rezistent, se cere o rigiditate ridicată.

4. Reazeme hidrostatice și aerostatice. Lagărele hidrostatice, spre deosebire de cele hidrodinamice, au presiunea fluidului independentă de viteza de rotație a arborelui și este asigurată prin alimentare, respectiv de la o pompă.

Cuplul de frecare care apare la ele se datorește numai frecărilor interioare ale fluidului, și depinde de viscozitate. Durata de funcționare a acestor lagăre este teoretic nelimitată, neproducîndu-se nici o uzură în funcționare.

Prezintă dezavantajul că necesită instalarea unei pompe cu filtre, are sensibilitate la variații de temperatură și posibilitatea apariției unor scurgeri.

Etalonarea aparatului

Scopurile etalonării sînt:

a) gradarea scării indicatorului de cupluri;

b) obținerea dependenței între indicațiile dinamometrului și a cuplului de măsurat;

c) verificarea preciziei dinamometrului.

Dispozitivul de etalonare trebuie să asigure o eroare, cel puțin, de trei ori mai mică decît cea a dinamometrului. El trebuie să imite întru totul condițiile de funcționare curentă a dinamometrului. Se folosesc frecvent următoarele metode:

— dispozitive de etalonare cu greutăți;

— dispozitive de etalonare hidraulice, care, deși asigură o precizie mai scăzută, furnizează în schimb forțe mari, evitînd astfel sistemul de pîrghii, acționează la distanță, sînt compacte și comode.

Erorile de etalonare pot fi sistematice sau întîmplătoare. Cele sistematice, la dispozitivul cu pîrghii și greutăți, provin de la inexactitatea lungimii pîrghiilor și a greutăților, iar la dispozitivele hidraulice, de la inexactitatea suprafeței efective a pistonului și sub influența temperaturii. Operația de etalonare constă în încărcarea treptată a dinamometrului cu cupluri pe cît posibil identice sarcinii reale, depășind cu 10—20% limita superioară a domeniului de măsurare. Apoi se descarcă treptat pînă la zero. Operația se repetă de trei ori, cu cel puțin 10—15 trepte de sarcină. Reprezentarea grafică a indicațiilor va pune în evidență existența curbei de histerezis. Lățimea buclei caracterizează eroarea proprie dinamometrului.

Se fac separat, pentru încărcare, respectiv descărcare, mediile aritmetice de la cele trei citiri. Fie ele P'_m și P''_m, atunci eroarea statică absolută este:

$$\delta_{st} = \pm \frac{P'_m - P''_m}{2}.$$

Eroarea relativă a dinamometrului este deci: $\eta_r = \frac{\delta_{st}}{P_{rm}}$, unde P_{rm} este media aritmetică pentru toate cele șase citiri.

$$P_{rm} = \frac{\sum_1^6 P_i}{6}.$$

Concluzii și recomandări

În prezent, în ceea ce privește măsurarea puterii și cuplului la arbore, se distinge o netă separare între problemele ridicate de încercarea

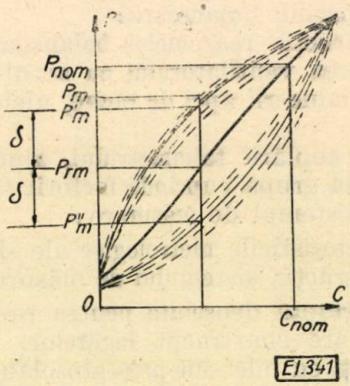


Fig. 5. Graficul de etalonare al dinamometrului.

micromotoarelor, pe de o parte, și a mașinilor mici, mijlocii și mari, pe de altă parte.

În ceea ce privește ridicarea caracteristicii mecanice a micromotoarelor, care, prin natura lucrurilor, reclamă aparate de o mare sensibilitate și precizie, orientarea generală este spre

folosirea unor corpuri balansoare rezemate pe cuțite. Aceasta însă impune atît o tehnologie complicată cît și, mai ales, o deosebită grijă în exploatare. Astfel muchia de rezemare a cuțitului, care pentru o precizie corespunzătoare trebuie să fie foarte ascuțită, se uzează foarte repede nerezistînd în regimul de vibrații produse de micromotor. Încercările efectuate cu un asemenea dispozitiv au arătat că acesta își micșorează repede sensibilitatea, uzura muchiei de rezemare rămînînd o problemă permanentă a acestui sistem. În această direcție se poate încerca utilizarea lagărelor hidro-sau aerostatice.

Ținînd cont de dimensiunea, greutatea și puterea mică a micromotoarelor, recomandăm utilizarea dispozitivelor suspendate pe un fir de torsiune. Acesta preia pe direcții diferite efortul de susținere și de măsură, fără ca ele, practic, să se influențeze reciproc [15].

La puteri mici și mijlocii, soluția cea mai avantajoasă, ținînd seamă de greutatea mare a dispozitivelor, o reprezintă lagărele cu rulmenți dubli, oscilanți. Se obțin astfel sisteme robuste cu frecări în lagăre mult reduse, foarte potrivite pentru măsurarea forței cu balanțe, care implică deplasări mari ale corpului balansor.

La puteri mari se impun lagărele hidrostatice atît pentru gabarit mai mic și precizie mai mare, cît și prin faptul că aparatajul anexă (pompă etc.) are o pondere mică față de costul total. Astfel, unele firme străine construiesc deja, pentru puteri de la 60 kW în sus, instalații cu lagăre hidrostatice cu ulei.

O tendință modernă rezidă în folosirea reazemelor elastice care se construiesc foarte ușor, sînt robuste, înlătură complet frecările și nu cer nici un fel de întreținere. Ele impun în schimb măsurarea cuplului prin metode de nul sau cu traductoare de forță cu deplasări foarte mici, sau, și mai bine, traductoare tensometrice, care sînt bine studiate și care, împreună cu aparatajul anexă, se fabrică în serie.

În cadrul problemei măsurării propriu-zise a cuplului, cel mai mult folosite sînt balanțele automate, care oferă precizie mare, simplitate și robustețe maximă. Metodele de nul cu echilibrare automată sau manuală se recomandă acolo unde se cere o precizie deosebită. Folosirea traductoarelor de forță, indiferent de natura lor, micșorează în general întrucîtva gradul de precizie, însă se pretează bine pentru telecomenzi sau automatizări.

În ceea ce privește frîna propriu-zisă, frîna mecanică sau hidraulică se recomandă numai acolo unde utilajul este rar folosit și unde nu se cer aluri diferite ale caracteristicilor de frînare. Au însă avantajul că sînt simplu de confecționat și ieftine. Cele hidraulice, sau cu aer, se impun doar în cîteva probleme speciale: puteri sau turații deosebit de mari etc. Pentru laboratoarele de cercetare sau încercări de mașini electrice se recomandă folosirea exclusivă a mașinii de c.c. cu stator basculant, cu care se poate obține, practic, orice caracteristică mecanică. La încercări de serie mare și în general acolo unde raportul de variație a turațiilor este sub 1 : 4 se recomandă insistent folosirea unei mașini trifazate derivație. Aceasta prezintă avantajul atît al reglabilității ușoare a turației prin simpla deplasare a periilor pe colector, deci și telecomandă și automatizarea ușoară, cît și recuperarea energiei lucrînd direct la rețea. Ținînd seamă că întreprinderile constructoare de motoare cu explozie fac încercări în serie mare la sarcină de durată, rezultă că la un stand echipat cu 20 de posturi cu putere instalată de numai 25 kW pe stand, prin recuperare pe un singur schimb s-ar economisi aproape 4 000 kWh, respectiv aproape 3 000 lei. În plus, același utilaj asigură și rodajul la rece, reducînd astfel costul investițiilor globale. Deci problema măsurării puterii și cuplului la arbore trebuie studiată de la caz la caz atît sub aspectul metrologic, cît și mai ales la încercări de durată, sub aspectul tehnico-economic, ținîndu-se seamă de soluțiile tehnice moderne subliniate.

Bibliografie

[1] *Anton, I., Gyulai, F., Preda, I.* și *Cioctrlan, C.* Teoria oscilatoarelor mecanice utilizate pentru mărirea sensibilității aparatelor de măsurat momente. București, Academia R.P.R. Studii și cercetări științifice, t. **III**, nr. 3—4, 1956.

[2] *Benz, E. K.* Ein kochempfindlicher Druchwandler. În: Techn. Rundschau **52**, nr. 30, 1960.

[3] *Felikson, E. I.* Novoe v tehnologhii izgotovlenia porsnei i tilindrov gidrovloceschich ispîtatelnîch mașin. În: Biuletin Tehinformații NII, Verrom. nr. 1, 1964.

[4] *Steiger, S. A.* Sovremennîie vîskoskorostnîie mașini s aerodinamiceschinioporami, fil. V.I.N.I.T.I. nr. M-58 432/18, 1958.

[5] *Gerlach, H. G.* Die elastische Nachwirkung von Messfedern. În: Schweizer techn. Z. **56**, 1958, p. 228—232.

[6] *Jerve, G. K.* Încercările industriale ale mașinilor electrice. Traducere din limba rusă. București, Editura tehnică, 1961.

[7] *Katz, S.M.* Balansîrnîie dinamometr îdlia izmerenia vriasșciaiușcevo momenta. Moscova, Gosenergoizdat, 1962.

[8] *Machini, G.* și *Villa, G.* Metodo per il rilieve della caratteristica meccanica di motori elettrici. În: Elettrotehnica **662**, nr. 11, 1949, p. 817—823.

[9] *Priestel, E.* Messung kleiner Drehmomente mit pendelnd gelagertem Elektromotor. În: Feingerättechnik **6**, nr. 7, 1957.

[10] *Prauțl, E.* Verbessertes Verfahren zur Bestimmung der Anzugsmomente elektrischer Maschinen. În: E.u.M. **74**, 1957, p. 538.

[11] *Radcic, A. S.* și *Staigher, E. V.* Dinamometriceschie datciki s vinetovîmi ienzopreobrazovateliami. În: Priborostroienie nr. 2, 1960.

[12] *Sletner.* Messung des idealen oder berechneten Drehmomenten mitels des Hilfsmotorverfahrens. În: E.u.M. **50**, 1932, p. 658.

[13] *Gerlach, S. H.* Leistungswaage für die unmittelbare Messung des Drehmomente und der mechanische Leistung von Motoren. În: ETZ-A **80**, nr. 19, 1959, p. 654—658.

[14] *Turicin, A.* Măsurarea electrică a mărimilor neelectrice. București, Editura tehnică, 1954 (traducere din limba rusă).

[15] *Natrașevski, A.* O metodă nouă pentru măsurarea cuplului și turației la micromotoare. I.P.T., Facultatea electrotehnică.

Intrat în redacție la 10.VI.1965

Scheme de izolaţie pentru motoare asincrone utilizate la echiparea navelor

Constantin Antohi şi **Adrian Bercu*** — Bucureşti

CZ 621.313.048.1 : 629.12

Lefordiţva T/3238/66

1. Generalităţi

Obiectul studiilor şi încercărilor întreprinse la I.C.P.E. în acest domeniu îl constituie izolaţia motoarelor asincrone de gabarit I—IV, utilizate la acţionarea diverselor mecanisme de pe nave. Ciclul de funcţionare al acestora, exceptînd motoarele pompelor, ventilatoarelor şi al unor macarale, se caracterizează de obicei prin solicitări importante, de scurtă durată, urmate de pauze prelungite (de exemplu, motoarele folosite la închiderea şi deschiderea bocaporturilor, la scoaterea, respectiv ridicarea pasarelelor, aruncarea şi ridicarea ancorei etc.).

Datorită condiţiilor speciale existente pe nave este necesar ca fiecare motor să prezinte o mare siguranţă în exploatare. În acest scop, izolaţia acestora trebuie să aibă o rezistenţă excepţională la umiditate şi la ceaţă salină, o bună stabilitate la şocuri termice şi mecanice.

3. Stadiul actual în tehnica mondială

Din literatura de specialitate consultată [1]—[4], din prospectele şi cataloagele unor firme străine, cum şi în urma studierii a numeroase tipuri de motoare navale provenite din import, rezultă că izolaţia de clasă *E* este, în general, compusă din următoarele elemente: izolaţia conductoarelor — un email sintetic; izolaţia crestăturii şi între faze — preşpan combinat cu o folie poliesterică (hostafan, melinex, lavsan); protecţia capetelor de bobină se face prin înfăşurare cu bandă din fire de sticlă, iar impregnarea este realizată cu un lac sintetic rezistent la umiditate şi şocuri termice. La unele tipuri de motoare, în afară de impregnarea cu lacuri ce au caracteristici electrice foarte bune, se practică şi o acoperire, prin imersiune sau pulverizare, a capetelor de bobine cu un lac care are o rezistenţă mai bună la apă, la şocuri mecanice, la acţiunea ceţei saline etc. (de exemplu, motoarele AOM gabarit 1—2 — Sudoimport U.R.S.S. sau VD 22 g — BBC — Elveţia).

Izolaţia conductoarelor flexibile care fac legătura cu bornele este formată fie din cauciuc sintetic sau o masă plastică rezistentă la umiditate şi ceaţă salină, fie din tuburi din fire de sticlă impregnate cu un lac elastic. Izolaţia bornelor este din bachelită electrotehnică sau altă masă de presare termorigidă, rezistentă la umiditate şi la curenţi de scurgere.

La motoarele cu izolaţie de clasă *B* sau superioară, conductoarele sînt izolate cu fire din sticlă impregnată cu un lac corespunzător clasei de stabilitate termică dorită, izolaţia crestăturii între faze şi sub pene este din sticlomicanită flexibilă, penele sînt fie din sticlotextolit, fie din baghete de sticlă specială (motorul PL 1/2 — Hans Still A.G. Hamburg — R.F.G.). Conductoarele cu care se conectează statorul la borne sînt izolate fie cu tuburi din fire de sticlă impregnate cu lacuri elastice, fie cu cauciuc siliconic. Placa izolantă de la borne este dintr-o masă de presare termorigidă cu stabilitate termică corespunzătoare.

În general, se admite că izolaţia electromotoarelor destinate să funcţioneze la bordul navelor maritime trebuie să reziste şi în condiţii de climă tropicală umedă. Pentru aceasta, standardele în vigoare prevăd o temperatură maximă a mediului ambiant de +50°C, în timp ce pentru motoarele de pe navele fluviale se admite maximum +40°C [5]—[7].

3. Lucrări efectuate la I.C.P.E.

Pentru stabilirea schemelor de izolaţie optime, care să corespundă condiţiilor de exploatare amintite, s-au experimentat la I.C.P.E. 39 de variante.

Variantele încercate se deosebesc între ele fie prin prezenţa în ansamblul schemei a unui element nou (un alt material sau un alt lac de impregnare), fie prin utilizarea la impregnare a unui procedeu diferit. Şase dintre variante au fost experimentate pe motorete confecţionate după norme AIEE 510 (fig. 1). Două dintre

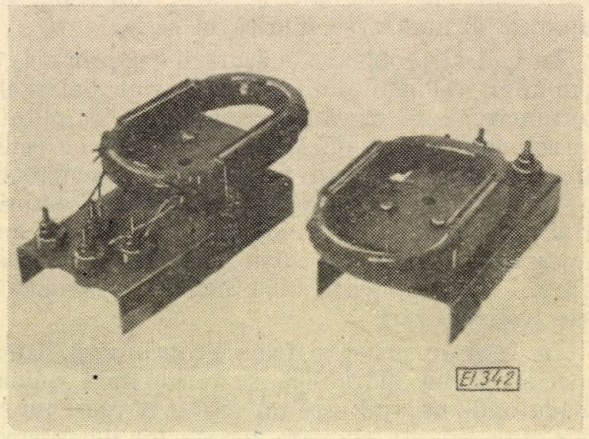


Fig. 1. Motorete folosite la verificarea schemelor de izolaţie.

aceste variante sînt scheme de izolaţie în care s-au folosit materiale de clasă *E*, iar la celelalte patru s-au folosit materiale de clasă *B* sau *F* (tabela 1).

* *C. Antohi* este cercetător ştiinţific principal, iar *A. Bercu* este şef de laborator la I.C.P.E.

Tabela 1

Scheme de izolație încercate pe motorete

Nr. de motorete încercate	Izolația crestăturii, izolația între bobine și sub pene	Tipul conductoarelor și izolația lor	Materialul folosit pentru pene	Protecția capetelor de bobină	Impregnarea	Acoperirea
5	nuvolit H III 0,25 mm	Cu E Ø 1 mm emailat cu lac tereftalic (FCME)	textolit, 3 mm (preimpregnat cu lac V 199)	bandă de fire de sticlă 0,15 × × 20 mm (1/2 acoperit)	2 × V 199 conform instrucțiunii 181 UMEB (vid 600 mm col. Hg combinat cu presiune 3,5 at etc.)	1 × Megger ET 625 lacul conform intrucțiunii 181 UMEB (acoperire prin imersie și uscare la 100°C timp de 3 h)
5			pertinax, 3 mm (preimpregnat cu lac V 199)			
5	sticlomicanită flexibilă S_2MSi, 0,2 mm (FCME)	Cu E Ø 1 mm izolat cu două înfășurări de fire de sticlă impregnate cu lac tereftalic (FCME)	sticlotextolit epoxi, 3 mm			
5	sticlomicanită flexibilă S_2MG, 0,3 mm (FCME)					
5	S_2MSi, 0,2 mm	Cu E Ø 1 mm emailat cu lac tereftalic				
5	S_2MG, 0,3 mm					

Restul de 33 de variante de scheme de izolație s-au experimentat pe bobine duble cu spirele înfășurate două cîte două în paralel, după VDE 0361 Ű (fig. 2).

Încercările pe motorete au permis să se aprecieze comportarea, în diverse medii, atît a schemelor de izolație luate în ansamblu, cît și a elementelor componente luate separat (respectiv comportarea izolației crestăturii, izolației între straturi (bobine), izolației între spire, influența materialului din care s-au confecționat penele asupra celorlalte materiale izolante etc.).

Încercările pe bobine duble au oferit posibilitatea să se urmărească în special comportarea izolației capetelor de bobine în anumite condiții de mediu [8]—[15].

3.1. Încercări la climat tropical umed și ceață salină executate pe motorete

Toate motoretele au fost verificate inițial prin aplicarea, timp de 1 minut, a tensiunii de 3 000 V_{ef} — 50 Hz între bobine (secții) și față de masă, iar între spirele în paralel 500 V_{ef} — 50 Hz. S-a determinat, apoi în stare uscată, la 20°C, rezistența de izolație față de masă, între bobine și între spire, folosindu-se în acest scop un terraohmmetru „Tesla" cu precizia de ± 10% și tensiunea de măsurare 100 V c.c.

După definirea caracteristicilor inițiale, motoretele au fost introduse în camere climatice „Weiss", fiind supuse la 180 cicluri de căldură umedă conform STAS 6745-63. Durata unui ciclu a fost de o zi în care, timp de 12 ore, s-a menținut temperatura de 40±2°C și umiditatea relativă de 95—100%, iar timp de 5 ore s-a menținut temperatura de 25±2°C și umiditatea relativă de 95—100%; în restul timpului temperatura a variat între 40 și 25°C.

După 1, 3, 7, 14, 28, 56, 100, 150 și 180 cicluri s-a determinat, pe fiecare motoretă, rezistența de izolație față de masă, între bobine și între spire, folosindu-se același terraohmmetru cu care s-au determinat caracteristicile inițiale. În timpul măsurărilor, motoretele au fost ținute în saci etanși de PVC.

Studiind rezultatele obținute, se constată o bună comportare la căldură umedă a schemelor de izolație în care s-au folosit conductoare emai-

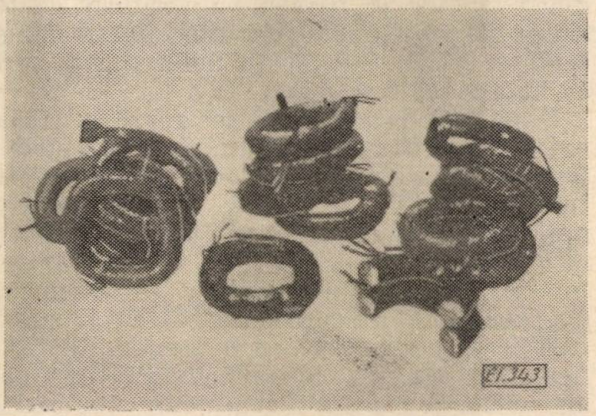


Fig. 2. Bobine duble (machete) cu scheme de izolație diverse.

late cu lac tereftalic. O comportare mai slabă și totuși satisfăcătoare o demonstrează schemele în care s-au folosit conductoare izolate cu fire de sticlă. Rezultatele cele mai semnificative

s-au obținut cu schemele de izolație prezentate în figura 3.

După terminarea celor 180 de cicluri, motoretele s-au verificat suplimentar conform STAS 1893-50, aplicîndu-se timp de un minut tensiunea de 1 760 V_{ef} — 50 Hz între bobine (secții) și între acestea și masă. De asemenea, izolația dintre spirele în paralel s-a verificat cu tensiunea de 50 V_{ef} — 50 Hz, timp de 10 minute, conform AIEE 510. Toate motoretele au trecut cu bine această probă.

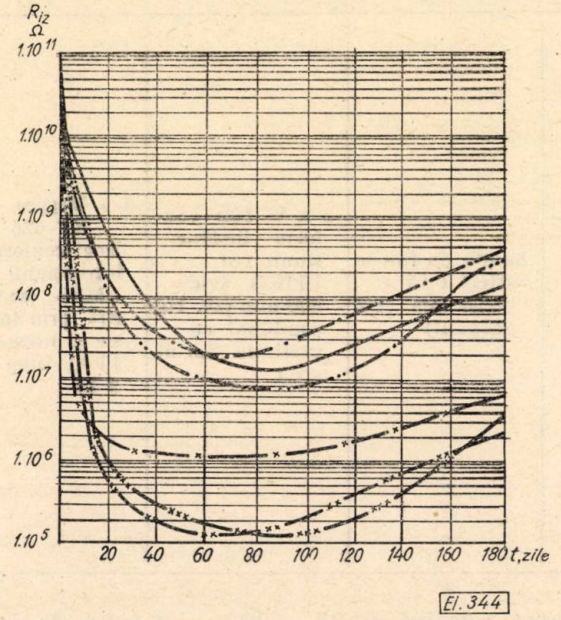


Fig. 3. Variația rezistenței de izolație în funcție de numărul de cicluri (zile) de menținere în climat umed tropical, la două variante de scheme de izolație: Schema de izolație 2 (tab. 1):

——— izolația între spire — email tereftalic (grosime dublă 0,045 mm); — · — · — izolația între straturi — nuvolit H III (0,25 mm); — · · · — izolația crestăturii — nuvolit H III (0,25 mm). Schema de izolație 3 (tab. 1); — × — izolația între spire — 2 înfășurări din fire de sticlă încleiate cu lac tereftalic (grosimea dublă 0,45 mm); — × × — izolația între straturi — sticlomicanită flexibilă S_2MSi, 0,20 mm; — × × × — izolația crestăturii — sticlomicanită flexibilă S_2MSi, 0,20 mm.

Notă: motoretele cu ambele scheme de izolație au fost impregnate sub vid combinat cu presiune de două ori cu lac 199 și acoperite o dată cu lac epoxi Megger ET 625.

După 180 de cicluri de încercare la căldură umedă și verificarea la tensiune, motoretele au fost menținute timp de două ore la temperatura de 120±5°C și apoi li s-a determinat variația rezistenței ohmice în funcție de temperatură la izolația dintre spire, dintre bobine și față de masă. Din lipsă de spațiu și, de asemenea, din cauză că alura curbelor la toate schemele de izolație experimentate este asemănătoare, în figura 4 se prezintă numai comportarea a două dintre ele. Se constată, în general, că o uscare a motoretelor timp de două ore la 120±5°C a fost suficientă pentru a reda izolațiilor caracteristicile pe care le-au avut înaintea supunerii la 180 de cicluri climatice.

În continuare motoretele au fost încercate la 15 cicluri de cîte 24 h de ceață salină, într-o cameră construită conform STAS 6744-63, în care temperatura a variat ciclic între 20±5°C și 35±5°C cu cîte 3—5 grade în interval de 45 min. Numărul de particule pulverizate a fost de $2 \cdot 10^5$—$4 \cdot 10^5$ picături pe cm^3 de ceață. Pentru producerea ceții s-a folosit soluția salină avînd următoarea compoziție: clorură de sodiu (NaCl) 27 g; clorură de magneziu anhidră ($MgCl_2$) 6 g; clorură de calciu anhidră ($CaCl_2$) 1 g; clorură de potasiu (KCl) 1 g; apă distilată pînă la 1000 ml.

Înainte de utilizare, soluția a fost agitată pînă la dizolvarea totală a sărurilor și fiartă timp de două minute.

Variația rezistenței ohmice a izolației dintre spire, dintre bobine și față de masă la două din schemele de izolație încercate, este reprezentată în figura 5. Valorile mai mici obținute în cazul încercării la ceață salină, în comparație cu încercarea la cald-umed, se explică prin apariția unui strat semiconductor pe suprafața izolației capetelor de bobină. Faptul că izolația dintre spire, izolația între bobine și față de masă nu a fost deteriorată în urma tratamentului cu ceață salină, a fost demonstrat prin repetarea încercării la tensiune conform STAS 1893-50 și AIEE 510 (aplicarea, un minut, a tensiunii de 1760 V_{ef} — 50 Hz între bobine și față de masă și 50 V_{ef} — 50 Hz, timp de 10 min, între spire). Toate motoretele au rezistat la această probă.

Determinîndu-se rezistența ohmică, în funcție de temperatură, a izolației dintre spire, bobine și față de masă la motoretele care, după proba de expunere la ceață salină, au fost uscate timp de 24 h la 120±5°C, se constată valori foarte apropiate față de cele inițiale.

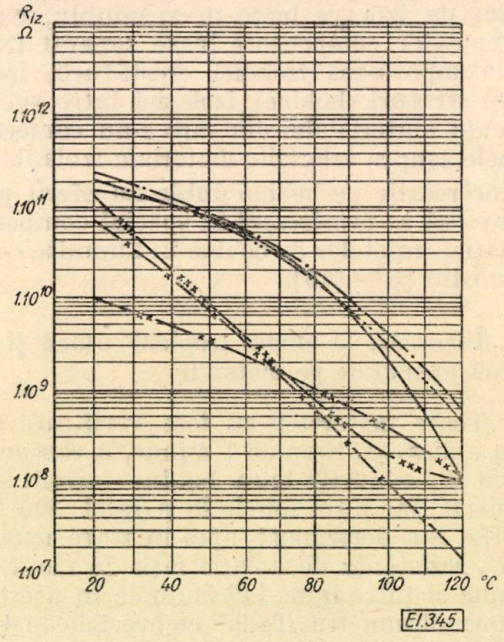


Fig. 4. Variația rezistenței de izolație în funcție de temperatură la schemele de izolație nr. 2 și 3 (tab. 1). (Aceeași legendă ca la fig. 3).

Aceasta demonstrează că schemele de izolație încercate pe motorete rezistă bine la acțiunea ceței saline. Pentru a se preîntîmpina însă efectul distructiv pe care l-ar avea curenții de scurgere din stratul semiconductor format

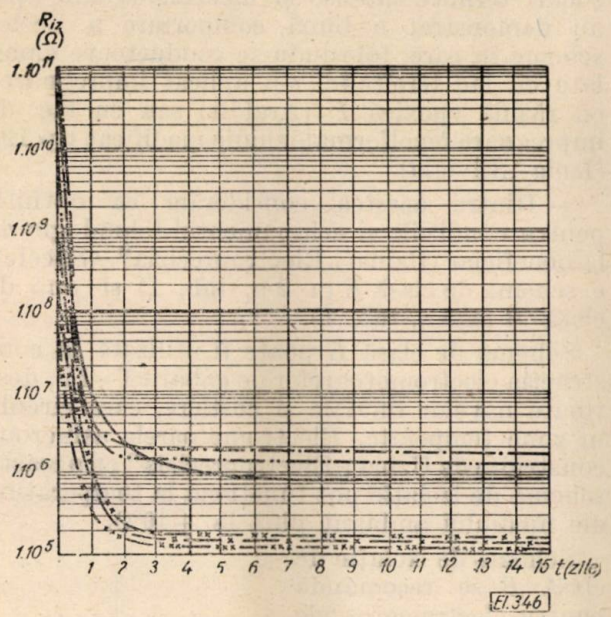


Fig. 5. Variația rezistenței de izolație la schemele de izolație nr. 2 și 3 (tab. 1) în timpul încercării la ceață salină. (Aceeași legendă ca la fig. 3).

pe suprafața izolației, de picăturile de ceață salină, se consideră totuși necesar ca electromotoarele care se montează pe puntea navelor maritime (care sînt expuse direct acțiunii ceței saline sau stropirii cu apă de mare) să fie protejate prin adoptarea unei construcții etanșe (cel puțin IP 66 conform STAS 5325-62). Deoarece la navele fluviale acest pericol este minim, motoarele destinate pentru echiparea acestora se pot construi cu protecție normală (IP 44).

3.2. Încercări la șoc termic și imersie în apă executate pe bobine duble (machete)

În carcasa electromotoarelor de pe nave este posibil să se acumuleze, pe vreme umedă, apă de condensare. Această apă stropește capetele de bobină în timpul ruliului sau tangajului, se evaporă, condensează apoi pe porțiunile reci ale carcasei și din nou ajunge pe capetele de bobine, care, dacă sînt fierbinți, trebuie să suporte un șoc termic destul de intens. Izolația cea mai solicitată de aceste șocuri termice este izolația dintre spirele capetelor de bobine.

Această izolație, dacă nu este protejată prin măsuri adecvate, se fisurează ori se desprinde de pe conductor și provoacă astfel scurtcircuitarea spirelor, respectiv scoaterea din serviciu a electromotorului.

Pentru a putea alege procedee eficace de protecție a capetelor de bobină, care să fie totodată și economice, s-au încercat 18 variante de scheme de izolație, aplicînd o metodă de încercare ciclică inspirată după AIEE-510 și VDE-0361 Ü [10], [11].

Un ciclu constă în menținerea machetelor, cu schema de izolație care se verifică, timp de 24 h la temperatura de 175±5°C, introducerea acestora brusc în apă la 20±5°C urmată de măsurarea rezistenței de izolație după menținerea 16 h în apă și apoi introducerea bruscă în etuve încălzite la 175±5°C.

Rezultatele obținute după aplicarea a 15 cicluri sînt prezentate în figura 6. Din analiza acestora se deduce că izolațiile cele mai stabile la șocuri termice și la umiditate sînt cele prote-

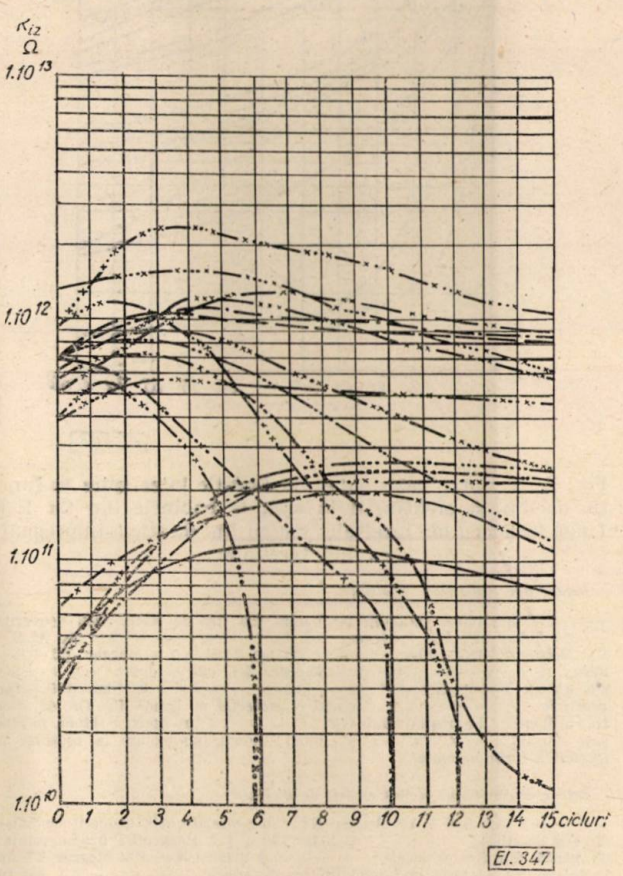


Fig. 6. Variația rezistenței de izolație între spirele bobinelor încercate la șoc termic (menținere 24 h la 175° ± 5°C, introducere bruscă în apă la 20° ± 5°C, menținere în apă 16 h, măsurarea rezistenței de izolație în apă, introducerea bruscă în etuvă la 175°C ± 5°C — ciclul se repetă):

— × · · × — Cu E Ø 1,05 mm emailat cu lac tereftalic, 2 × Araldit F + întăritor 905, protecție cu bandă din fire de sticlă 0,15 × 20 mm (1/2 acoperit); — × · · · × — Cu E Ø 1,05 mm emailat cu lac tereftalic, 1 × Araldit F + întăritor 905 și protecție cu bandă din fire de sticlă 0,15 × 20 mm (1/2 acoperit); — × · × · × — Cu E Ø 1,05 mm emailat cu lac tereftalic, 2 × Araldit F + întăritor 905 fără protecție; — — — Cu E Ø 1,00 mm emailat cu lac tereftalic, protecție prin înfășurare cu bandă din fire de sticlă 0,15 × 20 mm (1/2 acoperit) 2 × lac 199, 1 × Megger ET 625; — · — Idem — 3 × lac 199, 1 × Megger ET 625; — × × — Idem — 3 × lac 199, 2 × Megger ET 625; — × × × — Idem — 2 × lac 199, 2 × Megger ET 625; — × × · × × — Idem — 2 × lac 199; — · · · · — Idem — 2 × lac ALM, 1 Megger ET 625; — × · × · — Idem — 2 × lac ALM; — · × · — Cu E Ø 1 mm, fără protecție, 2 × lac 199; —— Cu E Ø 1 mm izolat prin înfășurare cu două straturi din fire de sticlă (Cu S_2 — FCME) încleiate cu lac tereftalic, protecție prin înfășurare cu bandă din fire de sticlă preimpregnate cu lac ALM (0,20 × 15 mm FCME) — (1/2 acoperit), 2 × lac 199, 1 × Megger ET 625; — × — Idem — 2 × lac 199, 2 × Megger ET 625; — · × × · — Idem — 3 × lac 199, 1 × Megger ET 625; — · · — Idem — 3 × lac 199, 2 × Megger ET 625; — · · · — Idem — 4 × lac 199, 1 × Megger ET 625; — · × · × · — Cu E Ø 0,65 emailat cu lac tereftalic, protecție prin înfășurare cu bandă din fire de sticlă 0,15 × 20 mm (1/2 acoperit) 2 × 199 la presiune atmosferică, 1 × Megger ET 625; — · × · · × · — Idem — impregnare normală (vid combinat cu presiune) de 2 × lac 199, 1 × Megger 625.

jate prin bandajare cu bandă de fire de sticlă și impregnate sub vid cu rășină epoxi F sau cu lac 199.

Pentru a verifica suplimentar rezistența la umiditate a unui număr de 165 de machete re-

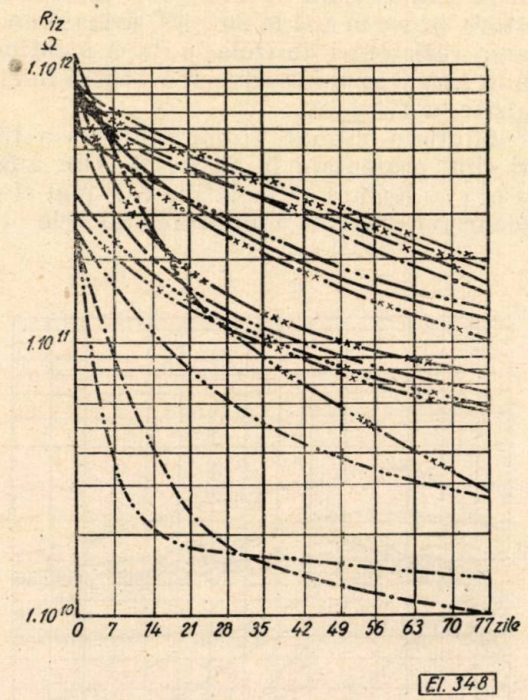


Fig. 7. Variația rezistenței de izolație între spire în funcție de durata menținerii în apă, la bobinele din Cu E Ø 1 mm izolat cu lac tereftalic sau cu fire de sticlă impregnate cu lac tereftalic:

Bobine din conductori emailați:

——— 2 × lac 199 – protecție cu bandă din fire de sticlă (1/2 acoperit); – · – 2 × lac 199 + 1 × Megger ET 625 – idem; – · · · – 2 × lac ALM + 1 × Megger ET625 – idem; – · · · – 2 × lac ALM + 1 × Megger ET 625 – idem; – × – 2 × lac 199 + 1 × Megger ET 625 – idem; – × × – 3 × lac 199 + 1 × Megger ET 625 – idem; – × × × – 2 × lac 199 – fără protecție – ; – · × · – 2 × r. epoxi – protecție cu bandă din fire de sticlă (1/2 acoperit), impregnare sub vid; – · × × · – 1 × r. epoxi – idem, impregnare sub vid; – · × × × · – 1 × r. epoxi – idem, impregnare la presiune atmosferică (prin imerisie).

Bobine de conductori izolați cu fire de sticlă:

– – · – – 1 × lac 199 + 1 × Megger ET 625 protejate, 1/2 acoperit cu bandă din fire de sticlă; – – · · · – – 2 × lac 199 + 1 × Megger ET 625 neprotejate cu bandă din fire de sticlă; – – · · · – – 2 × lac 199 + 1 × Megger ET 625 protejate, 1/2, acoperit cu bandă din fire de sticlă; – · · × · · – 3 × lac 199 + 1 × Megger ET 625 – idem; – · · · × · · · – 4 × lac 199 + 1 × Megger ET 625 – idem.

prezentînd 33 scheme de izolație diferite, acestea au fost menținute permanent în apă la temperatura camerei (20° ± 5°C) timp de 11 săptămîni, conform VDE 0361 Ü, măsurîndu-li-se rezistența de izolație între spire și bobine după fiecare 7 zile. Rezultatele obținute pe 15 dintre variantele încercate sînt prezentate în figura 7 (se dă numai variația în timp a rezistenței de izolație dintre spirele machetelor imersate în apă). La fel ca și în cazul încercării la șoc termic, valorile cele mai bune s-au obținut la machetele impregnate cu rășină epoxi *F* sau cu lac 199, protejate prin înfășurare cu bandă de fire de sticlă (1/2 acoperit).

4. Concluzii

— Încercările efectuate la I.C.P.E. asupra a 39 de variante de scheme de izolație, în condiții de climat tropical umed, ceață salină, șocuri termice intense și menținerea sub apă, au demonstrat o bună comportare a acelor scheme în care, folosindu-se conductoare emailate cu lac tereftalic, s-a aplicat impregnarea cu rășină epoxică *F* (Araldit) sau cu lac de impregnare fenolformaldehidic modificat tip 199 (Isola—Elveția).

— Dintre acestea considerăm ca optime, pentru condițiile și echipamentul tehnologic de la beneficiar (Uzina „Electroprecizia"—Săcele), o schemă de clasă *E* (a 2-a, tab. 1) și una de clasă *B* (a 5-a, tab. 1).

Schema de clasă *E* poate fi utilizată la construcția electromotoarelor de gabarit I—IV, destinate navelor fluviale și costiere, care circulă în zone temperate. Electromotoarele asincrone construite de Uzina „Electroprecizia" cu această schemă de izolație pot funcționa la temperaturi ale mediului ambiant pînă la +40°C.

Schema de izolație de clasă *B* se recomandă pentru electromotoarele de gabarit I—IV de pe navele maritime. Aceste electromotoare pot fi utilizate la temperaturi ale mediului ambiant pînă la +50°C.

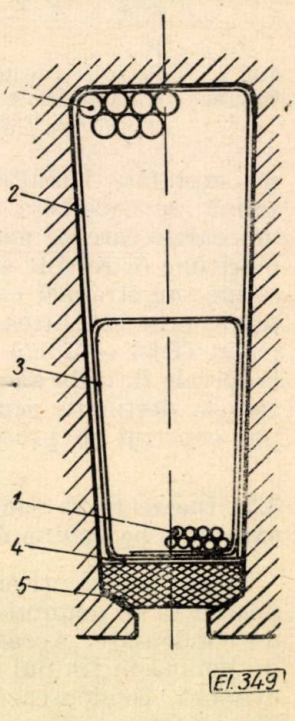


Fig. 8. Secțiune prin crestătura unui stator de electromotor pentru echipament naval.

Izolație de clasă E

1 – conductori emailați cu lac tereftalic (grosimea peliculei 0,040 – 0,060 mm) – (FCME); *2,3* – nuvolit H III, 0,25 mm; 5 – pertinax, 1,5 mm (FCME).

Izolație de clasă B

1 – conductori emailați cu lac tereftalic (grosimea peliculei 0,040 – 0,060 mm) – (FCME); *2, 3, 4* – sticlomicanită flexibilă S_2MSi, 0,20 mm (FCME); *5* – sticlotextolit cu epoxi, 1,5 mm (FCME).

Notă: ambele variante se impregnează de două ori cu lac 199 – porțiunile frontale ale bobinelor se acoperă suplimentar cu lac „Megger ET 625".

— Pe baza propunerilor de la I.C.P.E. uzina „Electroprecizia" a construit, cu schemele de izolație indicate, un număr de electromotoare de clasă *E* și *B*. Aceste electromotoare, fiind încercate la finele anului 1964 pe bancul de încercări al Uzinei de mașini electrice București, au trecut cu succes toate probele prevăzute de registrul naval sovietic [5], [6]. În prezent, la Uzina „Electroprecizia" sînt în curs lucrări pregătitoare pentru introducerea în fabricație curentă a electromotoarelor asincrone de gabarit I—IV cu ambele scheme de izolație.

Ca urmare a fabricării în țară a acestor electromotoare se vor obține importante economii de devize.

Bibliografie

[1] *Kosack, H. J* și *Vogler, W.* Fortschritte bei der Drehstromtechnik auf Handelsschiffen. În: ETZ-B, vol. **14**, nr. 21, 1962, p. 582–587.

[2] *Necesev, V. V.* Sudovîe electrooborudovanie. Recinoi Transport, Moscova, 1954, p. 176–177.

[3] *Korsunov, L.P.L.* Energetiscekie ustanovki rîbolavnîh traulerov. Moscova, Sudpromghiz, 1963.

[4] Referativnîi jurnal nr. 12, 1963 E.E.– 12 L.133. Dizelektriceskie oborudovanie A.E.I. sudna „Discovery" după A.E.I. Diesel electr. equipment in Discovery din „Mod. Transp." **88**, nr. 2279, 1963, p. 5.

[5] Recinoi Register R.S.F.S.R. Pravila postroika stalnîh sudov vnutrennego plavanîi–ciasti V. Moscova, 1963.

[6] Extras din „Regulamentul de clasificare și construcție a navelor maritime, partea III – echipament electric (aprobat de Ministerul Flotei Maritime al U.R.S.S. cu ordinul nr. 116 din 18 mai 1960). Traducere din limba rusă, dosar IDT, nr. 59226.

[7] C.A.E.R. Proiect de concluzii tehnice și metodele de cercetare a materialelor, mecanismelor și utilajelor pentru navele destinate a fi exploatate în zona tropicală (elaborat de R.P.P. în 1963).

[8] C.E.I. Publication nr. 144–1962. Protection du matèriel situé sur le pont des navires contre les intemperies (protection contre les paquets de mer).

[9] A.E.I.E., nr. 1. General Principles Upon Which Temperature Limits Age Based in the Rating of Electrical Equipment, 1957.

[10] A.I.E.E., nr. 510. Test Procedure for Evaluation of Systems of Insulating Materials for Random-Wound Electric – Machinery. nov 1956.

[11] *Oburger, W.* Die Isolierstoffe der Elektrotechnik. Wien Springer Verlag, 1957, p. 335–339.

[12] STAS 6745-63 Protecția climatică. Încercarea la acțiunea căldurii umede.

[13] STAS 6744-63. Protecția climatică. Încercarea la ceață salină.

[14] *Barembo, K. N.* și *Bernstein, L. M.* Suşka, propitka i kompaundirovanie obmotok elektriceskih mașîn. Moscova, Gosenergoizdat, 1961, pag. 79–130.

[15] *Hlopova, Z. I.* și alții. O vîbore klassa nagrevostoikosti izoleații elektriceskih mașîn nizkogo napriajenia. In: Elektrotehnika **35**, nr. 11, 1964, p. 23–27.

Durata de viață a schemei de izolație „E" utilizată în construcția mașinilor electrice asincrone de tensiune joasă cu puteri pînă la 100 kW

Violeta Berinde și **Ioana Soare*** – București

CZ 621.313.333.048.1.004.6

În această lucrare se prezintă rezultatele studiului efectuat la I.C.P.E. în vederea stabilirii duratei de viață a materialelor electroizolante utilizate în construcția mașinilor electrice asincrone de tensiune joasă, cu puteri între 0,8 și 100 kW, incluse în seria unitară [1].

Din literatura de specialitate rezultă suficient de clar oportunitatea unor astfel de studii, precum și necesitatea executării lor pentru fiecare schemă dată [2], [3].

În numeroase țări există preocupări pentru aprecierea duratei de viață a materialelor electroizolante. În prezent este în curs de apariție publicația C.E.I [4], care prezintă o metodă de încercare la îmbătrînire a materialelor electroizolante, recomandînd astfel o metodă unică de încercare ce face posibilă și compararea datelor obținute de diverși autori.

Metoda este foarte asemănătoare celei recomandate de norma A.I.E.E. 510 [5] cu unele modificări în ceea ce privește stabilirea limitelor de temperaturi corespunzătoare clasificării C.E.I. și restrîngerea abaterilor la temperaturile de îmbătrînire.

Din literatură rezultă că unii autori au făcut studii după norma A.I.E.E. [6], [7], [8], [9], iar în U.R.S.S. [10] și R.S.C. [11] se introduce recomandarea C.E.I., metoda fiind chiar standardizată. Țara noastră este de acord, cu proiectul C.E.I., ceea ce a făcut ca studiile de la I.C.P.E. să se facă pe baza acestui proiect.

Pînă în prezent, la noi în țară nu s-au făcut încercări complete de caracterizare a materialelor utilizate din punctul de vedere al stabilității lor la îmbătrînire. La F.C.M.E. s-au făcut încercări pentru determinarea duratei de viață a conductoarelor emailate [12]. Pentru alte materiale, utilizate în construcția de mașini și aparate din țara noastră, nu sînt date în literatura de specialitate.

Schema de izolație și materialele studiate

Materialele care compun schema de izolație, conform metodei propuse, sînt supuse la încercări funcționale accelerate pe machete asemănătoare celor descrise în literatură [3]. Macheta, numită motoretă, este formată, în acest caz, dintr-un suport de tablă inoxidabilă cu grosimea de 15 mm. Pe acest suport este fixat profilul unei crestături de mașină electrică $P = 0{,}8$ kW realizat din aceeași tablă. În crestătură s-au montat două bobine din conductor emailat cu diametrul de 0,95 mm. Fiecare bobină a avut 48–50 spire, fiind formată din două conductoare înfășurate împreună. Bobinele au fost izolate între ele cu izolație între straturi, iar la masă, cu izolația de crestătură.

* Ing. *V. Berinde* este șef de laborator la I.C.P.E. și fiz. *I. Soare*, cercetător stagiar la același institut.

După montarea în crestătură, bobinele au fost fixate cu pană și consolidate la capete. Ieșirile izolate au fost fixate pe patru izolatoare de porțelan montate pe suport. Trebuie menționat

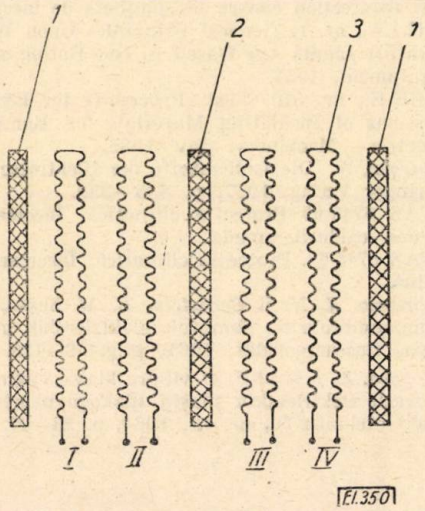


Fig. 1. Reprezentarea schematică a construcției motoretei : *1* – izolația de crestătură ; *2* – izolația între straturi : *3* – conductor emailat

că la fiecare izolator au fost fixate cele două capete ale unui conductor. În felul acesta se poate încerca izolația între spire, între bobine, cum și a fiecărui conductor față de masă (fig. 1).

Motoretele au fost impregnate de două ori sub vid, respectîndu-se procesul tehnologic uti-

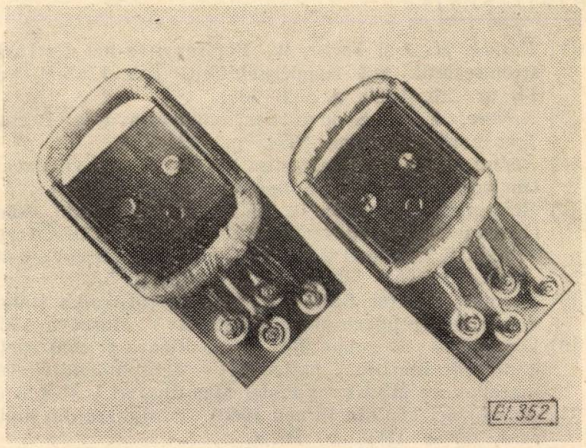


Fig. 3. Motorete înainte și după impregnare.

lizat în fabricația mașinilor electrice. În tabela 1 se indică materialele care compun schema de izolație încercată ; în figura 2 se văd materialele pregătite pentru montarea în crestătură, iar în figura 3 se vede motoreta înainte și după impregnare.

Tabela 1

Nr. crt.	Izolația	Materialul	Dimensiuni
1	Conductorului emailat	email poliamidic produs F.C.M.E	Ø 0,95 mm
2	De crestătură	preșpan-hostafan-preșpan (import)	0,25mm
3	Între straturi	preșpan-hostafan-preșpan (import)	0,25 mm
4	Capetelor de ieșire	ciorap din fire de sticlă	Ø 3 mm
5	Consolidare a bobinelor	bandă albă de bumbac	lat 15 mm
6	Impregnare (sub vid)	lac ALM, produs F.C.M.E.	de două ori
7	Izolatoare tip „fier de călcat"	porțelan	—

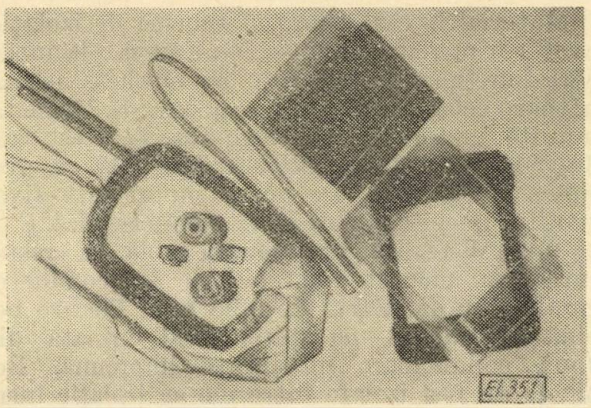


Fig. 2. Materialele pregătite pentru montare.

Încercări

Înainte de îmbătrînire, motoretele au fost verificate, între straturi și față de masă, la tensiunea de 3000 V timp de 1 min, în scopul depistării defectării izolației la montaj [6]. Motoretele care au prezentat scurtcircuit au fost eliminate din încercările ulterioare.

Pentru schema respectivă s-au ales trei temperaturi de îmbătrînire : 150, 170 și 190 °C, și timpul de îmbătrînire, respectiv, 14, 4 și 1 zile. La fiecare temperatură au fost îmbătrînite 10 motorete ; într-o etuvă s-au introdus numai motorete avînd aceeași schemă de izolație. Nu ne vom opri asupra metodei de încercare deoarece

ea corespunde recomandărilor C.E.I. [4]. Vom da însă numai cîteva amănunte asupra utilajului folosit.

Pentru îmbătrînire termică s-au folosit etuve speciale realizate după proiectul întocmit la I.C.P.E. (fig. 4), reglarea temperaturii făcîndu-se automat cu termometre cu contact. Prin reglarea șiberelor de pe pereții etuvelor se realizează în spațiul de lucru, cu ventilație naturală, o variație a temperaturii de maximum $\pm 2°C$. Solicitarea mecanică a motoretelor s-a făcut cu un vibrator electromagnetic cu masă de vibrație adaptată pentru fixarea a 10 motorete.

Umiditatea de 100% cu condens s-a realizat într-o cameră închisă în care se află un vas cu apă a cărei temperatură este cu 5—7°C peste temperatura camerei. Încălzirea apei se face cu rezistență electrică.

La tensiune, motoretele au fost verificate la un pupitru de tensiune al cărui releu de curent este reglat la maximum 5 mA.

Deși durata de viață se apreciază după apariția primei defecțiuni, motoretele au fost excluse din încercare numai după căderea tuturor circuitelor, aceasta pentru a observa comportarea pe elemente de schemă și pe schema întreagă, cum și pentru obținerea unui număr mai mare de date. În literatura de specialitate [6] se arată că deteriorarea unui circuit ar atrage după sine căderea celorlalte, imediat sau cel mult la ciclul următor de încercare. Urmează ca rezultatele încercărilor noastre să confirme sau să infirme acest lucru. Au fost eliminate din calcul rezultatele corespunzătoare unei durate de îmbătrînire termică sub 100 h, iar pentru motoretele cu durata ciclului termic de 14 zile, la cele căzute după primul ciclu, s-au considerat întîmplătoare.

Prin elemente de schemă sau elemente de izolație se înțelege: izolația conductorului, izolația de crestătură și, respectiv, izolația între straturi. Considerînd că stratul de lac de impregnare pe izolația de crestătură și între straturi este relativ subțire față de izolația însăși, el este neglijat. În ceea ce privește izolația între spire, se consideră că în multe locuri conductoarele sînt atît de apropiate între ele încît se poate neglija grosimea lacului de impregnare dintre ele față de grosimea izolației de email. În acest caz, izolația între spire este determinată de cele două straturi de email de pe conductoarele paralele; aceea la masă, de grosimea izolației de crestătură, iar aceea între bobine de grosimea izolației între straturi.

S-a obținut astfel durata de viață, pe elemente de izolație, la fiecare temperatură de îmbătrînire pentru fiecare motoretă (tabela 2).

Datele obținute au fost prelucrate după metoda cunoscută din matematica statistică a celor mai mici pătrate [13], [14], [15]. Se prezintă în continuare schema de calcul prescurtată. Se

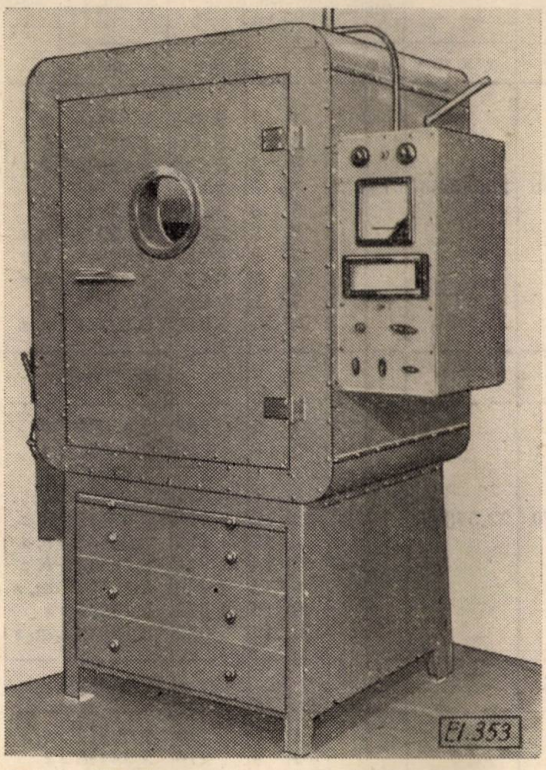


Fig. 4. Etuvă specială pentru îmbătrînirea materialelor electroizolante.

consideră că durata de viață în funcție de temperatura de îmbătrînire se supune ecuației lui Arrhenius, exprimată astfel:

$$Y = AB^x \qquad (1)$$

sau:

$$y = a + b\,x, \qquad (2)$$

unde:

y este durata de viață în ore, $y = \lg Y$;

$x - 1/273 + \theta$;

θ — temperatura de îmbătrînire, °C;

a — $\lg A$ și $b = \lg B$ — constantele empirice căutate, care definesc linia de regresie.

Pentru a găsi coeficienții a și b se pune condiția:

$$\sum^{n} (y_i - y)^2 = \min \qquad (3)$$

sau

$$\sum^{n} (y_i - a - b\,x_i)^2 = \min, \qquad (4)$$

unde n este numărul de probe încercate.

Tabela 2

Temperatura de îmbătrînire,	$x = \frac{1}{T}$	Durata ciclului de îmbătrînire,		Nr. probei	Nr. ciclului	Durata de viață, valori experimentale		Izolația defectă
						Y_i	$Y_i = \lg Y_i$	
°C	1/°K 10^{-4}	zile	ore			ore	lg	
				1	7	2 352	3,37144	*b*
				2	7	2 352	3,37144	*b*
				3	8	2 688	3,42943	*b*
150	23,64066	14	336	4	8	2 688	3,42943	*b*
				5	8	2 688	3,42943	*b*
				6	8	2 688	3,42943	*b, s*
				7	8	2 688	3,42943	*b, s*
				8	9	3 024	3,48058	*b, s*
				9	9	3 024	3,48058	*s*
				10	10	3 360	3,52634	*b, s*
Σ							34, 37753	
				1	3	288	2,45939	*b*
				2	6	576	2,76042	*s*
				3	7	672	2,82737	*s*
				4	7	672	2,82737	*s*
170	22,57336	4	96	5	12	1 152	3,06145	*b, s*
				6	12	1 152	3,06145	*b, s*
				7	14	1 344	3,12840	*b, s*
				8	15	1 440	3,15836	*m, s*
				9	16	1 536	3,18639	*s*
				10	17	1 632	3,12840	*m, s*
Σ							29,68332	
				1	5	120	2,07918	*b, s*
				2	9	216	2,33445	*s*
				3	9	216	2,33445	*s*
				4	12	288	2,45939	*s*
190	21,59827	1	24	5	12	288	2,45939	*s*
				6	14	336	2,52634	*m, b, s*
				7	14	336	2,52634	*m, b, s*
				8	14	336	2,52634	*m, b, s*
				9	14	336	2,52634	*m, b, s*
				10	14	336	2,52634	*m, b, s*
Σ							23,79856	

b — izolația între bobine; *s* — izolația între spire; *m* — izolația față de masă

$\overline{x} = 22{,}604097.10^{-4}$ $n = 30$

$\overline{y} = 3{,}21670$ $t = 2{,}07$

$b = 5305{,}948$ $\hat{y}_{120} = a + bx_{120} = 4{,}39963$

$a = -8{,}5098$ $\hat{Y}_{120} = 25.100$ ore

Se poate deduce ușor că în acest caz :

$$b = \frac{\sum^{n} (y_i - \overline{y})(x_i - \overline{x})}{\sum^{n} (x_i - \overline{x})^2}, \tag{5}$$

$$a = \overline{y} - b\,\overline{x}, \tag{6}$$

unde :

$$\overline{y} = \frac{\sum^{n} y_i}{n} \text{ și } \overline{x} = \frac{\sum^{n} x_i}{n}.$$

Cunoscînd constantele a și b, se trasează dreapta determinată de ecuația (2), care este linia de regresie.

Specificăm că dreapta aceasta trebuie considerată ca cea mai probabilă dintr-o serie de drepte care s-ar putea trasa pe baza datelor experimentale; în jurul ei sînt distribuite toate aceste valori. Durata de viață obținută prin calcul, corespunzătoare fiecărui x, inclusiv pentru temperatura maximă de funcționare a schemei încercate la 120°C, se notează cu $\hat{y}(x_i)$.

Pentru aprecierea gradului de fidelitate statistică se determină cîmpul de împrăștiere cu probabilitate de 95%. Pentru a aprecia împrăștierea lui y în jurul valorilor calculate, dacă considerăm pe x_i = const., se determină abaterea medie standard :

$$S = \sqrt{\frac{\sum^{n} (y_i - \hat{y})^2}{n-2}}. \tag{7}$$

Presupunînd că a și b sînt, de asemenea, supuse erorilor, se obține :

$$S_{\hat{y}}(x) = \sqrt{S_a^2 + S_b^2 (x_i - \overline{x})^2}, \tag{8}$$

unde :

$$S_a = \frac{S}{\sqrt{n}}; \quad S_b = \frac{S}{\sqrt{\sum^{n} (x_i - \overline{x})^2}}.$$

Înlocuind în ecuația (8), se obține :

$$S_{\hat{y}}(x) = S \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\sum^{k} (x_i - \overline{x})^2}{\sum^{n} (x_i - \overline{x})^2}}, \tag{9}$$

unde k este numărul de probe la temperatura x_i.

Se obțin astfel perechi de numere, pentru fiecare temperatură :

$$\hat{y}_{95\%} = \hat{y}(x) \pm t\, S\, \hat{y}(x), \tag{10}$$

unde t, după criteriul Student, caracterizează intervalul confidențial al deviației standard. Acest criteriu depinde de numărul de probe încercate și de probabilitatea aleasă [14].

Tabela 3

t(°C)	150	170	190
$\hat{y}$	3,46532	2,91048	2,407897
$\hat{Y}$	2.919	814	255,8
S_y	0,12374	0,03069	0,12020
$t\,S_y$	0,25304	0,06276	0,245809
$y_{95\%}$ max $= \hat{y} + t\,S_y$	3,71836	2,97324	2,65369
$y_{95\%}$ min $= \hat{y} - t\,S'_y$	3,21228	2,84776	2,16209
$\hat{Y}_{95\%}$ max	5.228	940,2	450,5
$\hat{Y}_{95\%}$ min	1.630	704,2	145,2

În tabelele 2, 3 și 4 se prezintă datele de calcul; în figura 5, linia de regresie și limitele de confidență pentru schema de izolație încercată;

*Tabela * 4*

Temperatura de îmbătrînire, °C	$x = \frac{1}{T}$, $1/°K \cdot 10^{-4}$	Durata unui ciclu de îmbătrînire, zile	Durata unui ciclu de îmbătrînire, ore	Nr. probei	Nr. ciclului la care apare defectul izolației între masă și înfășurare; I	II	III	IV	Cea mai mică valoare	Durata de viață, valori experimentale Y_i ore	$y_i = \lg Y_i$ lg
150	23,64066	14	336	1	9	9	9	9	9	3 024	3,48058
				2	9	9	9	9	9	3 024	3,48058
				3	9	9	9	9	9	3 024	3,48058
				4	11	11	11	11	11	3 696	3,56773
				5	11	11	11	11	11	3 696	3,56773
				6	11	11	11	11	11	3 696	3,56773
				7	11	11	11	11	11	3 696	3,56773
				8	11	11	11	11	11	3 696	3,56773
				9	11	11	11	11	11	3 696	3,56773
				10	11	11	11	11	11	3 696	3,56773
Σ											35,41585
170	22,57336	4	96	1	17	15	15	17	15	1 440	3,15836
				2	17	17	17	17	17	1 632	3,21272
				3	17	17	17	17	17	1 632	3,21272
				4	17	17	17	17	17	1 632	3,21272
				5	17	17	17	17	17	1 632	3,21272
				6	17	17	17	17	17	1 632	3,21272
				7	17	17	17	17	17	1 632	3,21272
				8	17	17	17	17	17	1 632	3,21272
				9	17	18	18	17	17	1 632	3,21272
				10	17	18	18	17	17	1 632	3,21272
Σ											32,07284
190	21,59827	1	24	1	13	13	13	13	13	312	2,49415
				2	13	14	14	13	13	312	2,49415
				3	14	14	14	14	14	336	2,52634
				4	14	14	14	14	14	336	2,52634
				5	14	14	14	14	14	366	2,52634
				6	14	14	14	14	14	336	2,52634
				7	14	14	14	14	14	336	2,52634
				8	14	14	14	14	14	336	2,52634
				9	14	14	14	14	14	336	2,52634
				10	14	14	14	14	14	366	2,52634
Σ											25,19902

$\bar{x} = 22{,}604097.10^{-4}$
$\bar{y} = 3{,}089590$
$b = 4968{,}18970$
$a = -\ 8{,}140510$
$\hat{Y}_{150} = 3{,}60462$
$\hat{y}_{170} = 3{,}07438$
$Y_{190} = 2{,}59992$
$y_{120} = 4{,}50129$

$\hat{Y}_{150} = 4\,024$ h
$\hat{Y}_{170} = 1\,187$ h
$\hat{Y}_{190} = 398$ h
$\hat{Y}_{120} = 31\,717$ h

* Date experimentale pentru izolația de crestătură.

Tabela 5

Valorile calculate ale duratei de viață pentru fiecare temperatură de încercare pe elemente de izolație							Valorile calculate ale duratei de viață pentru temperatura de lucru	
Temperatura, °C	150		170		190		120	
	lg	ore	lg	ore	lg	ore	lg	ore
Izolația între spire	3,54815	3.533	3,01074	1.025	2,51977	330,9	4,45681	28,630
Izolația între straturi	3,50570	3.204	3,00967	1.015	2,55649	360,2	4,34441	22.100
Izolația de crestături	3,60462	4.024	3,07438	1.187	2,59992	398	4,50129	31.717
Izolația întregii scheme	3,46532	2.919	2,91048	814	2,40789	255,8	4,39963	25.100

în figura 6, liniile de regresie ale elementelor de izolație ce compun schema încercată și în tabela 5 — principalele date de calcul pentru acest grafic.

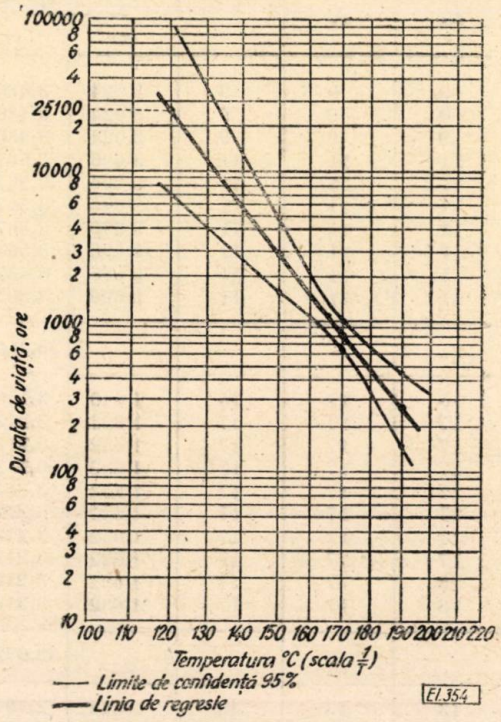


Fig. 5. Linia de regresie și limitele de confidență pentru schema de izolație încercată.

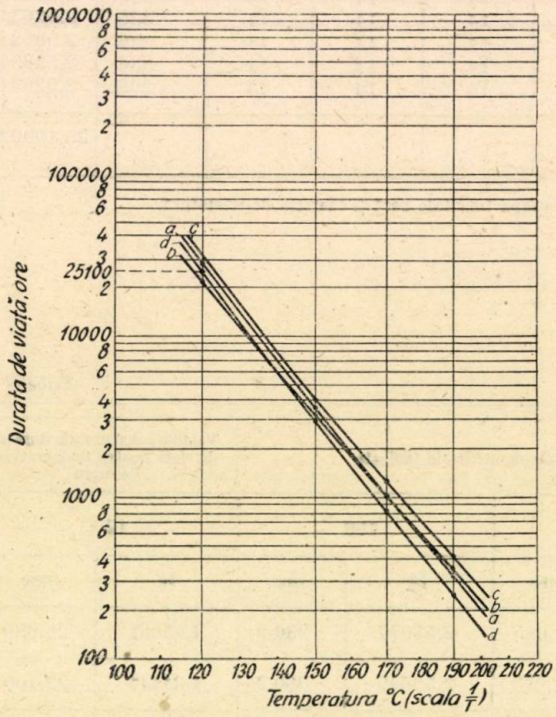


Fig. 6. Liniile de regresie pe elementele care compun schema de izolație :

a — izolația conductorului ; *b* — izolația între straturi ; *c* — izolația de crestătură ; *d* — izolația întregii scheme.

Concluzii

1. Procedînd conform metodei alese, într-un timp relativ scurt s-a determinat durata de viață a schemei de izolație utilizată la seria unitară de mașini electrice asincrone cu puteri pînă la 100 kVA, pentru temperatura maximă de funcționare obținîndu-se o durată de viață de circa 25 000 h. Ținînd seamă de condițiile reale de funcționare, dacă se consideră (așa cum propun unii autori [3]), durata de viață a izolației de opt ori mai mare decît cea obținută la temperatura maximă de funcționare, rezultă că mașinile pot funcționa circa 25 ani. Experimentările [6] au confirmat că o schemă de clasă *A*, pentru care s-au obținut circa 25 000 h, este aceeași cu a motoarelor care au funcționat peste 20 ani.

2. Elementele componente ale izolației sînt compatibile între ele ; lacul de impregnare nu deteriorează celelalte componente ale schemei.

3. Deteriorarea unui element de izolație nu antrenează deteriorarea celorlalte elemente decît după mai multe cicluri de îmbătrînire. Se observă că, la încercarea la masă sau între bobine, căderea unei spire antrenează, în cele mai multe cazuri, și căderea celorlalte, ceea ce era de așteptat dacă avem în vedere construcția motoretei.

4. Experiența obținută la I.C.P.E. în executarea încercărilor de acest gen trebuie continuată și aplicată la verificarea oricărui sistem de izolație cu destinație similară. Metoda este utilă, în special, pentru compararea diferitelor scheme de izolație.

Bibliografie

[1] *Lefter, V.* și *Liuba, V.* Seria nouă unitară de motoare asincrone de 0,8—100 kW. În : Electrotehnica **12,** nr. 1—2, ian-feb 1964, p. 59—66.

[2] *Popescu, Ch., Raicu, V.* și *Lefter, C.* Legi de durată de viață a materialelor electroizolante. In : Electrotehnica **10,** nr. 11, nov 1962, p. 419—425.

[3] *Popescu, Ch., Raicu, V.* și *Lefter, C.* Încercările funcționale accelerate de durată de viață a materialelor electroizolante. În Electrotehnica **10,** nr. 12, dec 1962, p. 454—462.

[4] Doc. C.E.I. 15 (Bureau Central) 21 nov 1959. Guide pour la préparation de méthodes d'essai pour l'évaluation de la stabilité thermique des matériaux isolants électriques.

[5] Test Procedure for Evaluation of Systems of Insulating Materials for Random — Wound Electric Machinery. Standard A.I.E.E. 510, 1 nov 1956.

[6] *Gair, T. J.* Insulation Systems for Random Wound Motors by Motorette Tests. În : A.I.E.E., vol. **73,** part. III, 1955, p. 1702—1707.

[7] *Gawuc, W.* Wytypowanie ukladu izolacyjnego novej serii silnikév indukcyjnych 0,6—100 kW metoda funcjonalnych badan ukladow izolacyjnich za pomoca motoretek. In : Prace institutu elektrotechniki **XI,** nr. 33, p .43—64 ; nr. 34, p. 17—37 ; nr. 35, p. 79—92.

[8] *Nasilovski, J.* Wyznaczanie trwcelosci ukladow izolacyjnich. In : Przeglad elektrotechniczny XXXVIII, nr. 9, p. 368—371.

[9] *Seruga, W.* Laboratoryine badania ukladow izolacyjnych elektrycznich maszyn trakcycjnych. In : Przeglad elektrotechnicny XXXVIII, nr. 9, 1962, p. 388—398.

[10] Konstructia izoliaţii elektriceskih maşin so vsîpnoi izoliaţii. Metod opredelenia nagrevostoikosti. GOST 10.520—63.

[11] Spusky zivotnosti izolantov pomocou modelovych cievok. CSN 346 427—1961.

[12] *Lică, V.* Realizări şi perspective în fabricaţia conductoarelor de bobinaj izolate cu emailuri sintetice. In : Electrotehnica **12**, nr. 9, sept 1964, p. 294—304.

[13] *Dumin-Barcovski, I. V.* şi *Dumitreseu, N. V.* Teoria probabilităţilor şi statistica matematică, vol. 1, 2 şi 3.

[14] *Worting* şi *Geffner, J.* Prelucrarea datelor experimentale.

[15] *Aivazian, C. A.* Primenenie metodov koreliationnogo i regresivnogo analizov k obrabotke rezultatov eksperimenta. In : Zavodskaia laboratoria, nr. 7, 1964, p. 851 — 852 şi nr. 8, 1964, p. 793—797.

Intrat în redacţie la 5. IV. 1965

RECENZII

CZ 621.313.36

I. S. Gheorghiu. **Maşini electrice, vol. IV. Maşini alternative cu colector.** Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1965, 189 pag.

De curînd a apărut în librării volumul al IV-lea al tratatului de Maşini electrice, de acad. prof. I. S. Gheorghiu. Acest volum tratează problema maşinilor electrice de curent alternativ cu colector. Reamintim că primul volum tratează despre maşina de curent continuu şi transformatorul ; al doilea, maşina asincronă, iar volumul al treilea tratează maşina sincronă. Acest ultim volum (al patrulea) încheie seria maşinilor electrice aşa-zisele normale clasice. În momentul de faţă se dispune şi în limba noastră, de un tratat complet şi original de maşini electrice normale, la nivelul cel mai ridicat, completîndu-se în sfîrşit golul care exista în această privinţă. Volumul acesta a apărut în Editura didactică şi pedagogică din Bucureşti, într-o formă deosebit de îngrijită. Lucrarea cuprinde cinci capitole.

Capitolul I cuprinde maşinile monofazate cu colector, are 52 pagini cu 43 figuri şi tratează principiul de funcţionare a maşinilor monofazate cu colector (7 pagini) ; motorul monofazat serie cu colector (14 pagini) ; motorul monofazat de repulsie cu perii fixe (7 pagini) ; motorul monofazat de repulsie cu decalaj de perii (3 pagini) ; motorul de repulsie cu decalaj de perii cu dublu rînd de perii (motorul Deri) (12 pagini) ; motorul monofazat de repulsie compensat (4 pagini) ; motorul monofazat cu colector cu dublă alimentare (1 pagină) ; motorul monofazat derivaţie cu colector (2 pagini).

Al doilea capitol tratează în 49 pagini şi 39 figuri, maşinile trifazate cu colector, cu următoarele probleme : variaţia vitezei la motoarele asincrone trifazate (2 pagini) ; principiul de funcţionare a motoarelor asincrone trifazate cu colector (5 pagini) ; motorul asincron trifazat cu colector-serie (14 pagini) ; motorul asincron trifazat cu colector-serie cu două rînduri de perii, una fixă şi alta mobilă (3 pagini) ; motorul asincron trifazat cu colector derivaţie cu alimentare statorică (10 pagini) ; motorul asincron compensat (1 pagină) ; motorul asincron trifazat cu colector derivaţie cu alimentare rotorică şi cu decalaj de duble perii (12 pagini).

Capitolul al treilea tratează problema compensatoarelor şi convertizoarelor cu colector, are 21 pagini cu 17 figuri şi cuprinde : generalităţi ; compensatoarele cu colector (5 pagini) ; convertizorul de frecvenţă (8 pagini) ; generatoarele polifazate cu colector (7 pagini) ; vibratorul (1 pagină).

Capitolul al patrulea cuprinde montajul în cascadă al maşinilor asincrone cu maşini cu colector, are 40 pagini cu 44 figuri şi tratează despre : principiul de funcţionare a montajelor în cascadă (13 pagini) ; montaje pentru îmbunătăţirea factorului de putere (12 pagini) ; montaje pentru reglarea vitezei şi îmbunătăţirea factorului de putere (15 pagini).

Capitolul al cincilea tratează teoria unitară a maşinilor electrice, are 24 pagini cu 6 figuri şi cuprinde : generalităţi (1 pagină) ; maşina electrică eteropolară cu poli înecaţi cu inductanţele l constante (6 pagini) ; maşina electrică eteropolară monocircuit cu poli aparenţi, în care inductanţele l_1 şi l_2 devin variabile ca urmare a rotaţiei rotorului (maşina sincronă reactivă sau parametrică) (1 pagină) ; maşina asincronă monofazată (1 pagină) ; maşina eteropolară de curent continuu (1 pagină), maşinile unipolare de curent continuu (fără colector) (2 pagini) ; motoarele alternative trifazate cu colector derivaţie (4 pagini) ; cazul maşinilor electrice cu caracteristică serie (3 pagini) ; convertizorul de frecvenţă (1 pagină) ; compensatorul de fază cu excitaţie rotorică (compensatorul Leblanc) (1 pagină) ; generatorul polifazat cu colector cu poli înecaţi (1 pagină) ; generatorul polifazat cu colector cu poli aparenţi (maşina Lydall-Scherbius) (1 pagină) ; cazul maşinilor sincrone şi asincrone asimetrice sau cu circuit imperfect trifazat (2 pagini).

Maşinile electrice alternative cu colector mono şi trifazat formează o clasă aparte în raport cu celelalte maşini clasice de curent continuu, asincrone şi sincrone. Din pricina colectorului şi a problemelor de comutaţie, aceste maşini nu s-au putut dezvolta la puteri prea mari (1 000 kW la 16 2/3 Hz este deja o putere limită). De altfel, este ştiut că şi maşinile de curent continuu sînt limitate în acest sens, însă, bineînţeles, la puteri mai mari. Caracteristic deci la maşinile alternative cu colector este faptul că sînt, în general, maşini de puteri relativ mici. Însă teoria şi construcţia lor sînt simţitor mai complicate. Din acest motiv tratarea teoriei lor este extrem de pretenţioasă. Am arătat acest detaliu foarte important pentru că doresc să accentuez felul elegant şi totuşi deosebit de simplu în care autorul, acad. I. S. Gheorghiu, reuşeşte să expună teoria acestor maşini. Merită menţionat faptul că marele electrotehnician Steinmetz, care era inginer şef la General Electric Comp. din S.U.A., ale cărui lucrări în domeniul pierderilor în fier sînt atît de binecunoscute, a fost extrem de mirat şi nu a crezut că o maşină normală de curent continuu dă la borne curent alternativ dacă este excitată în curent alternativ.

Numai după ce a văzut, practic, la platforma de încercare acest fenomen, s-a putut convinge de posibilitatea apariţiei lui *.

Autorul, acad. prof. I. S. Gheorghiu, accentuează prin felul domniei sale de tratare, tocmai problemele fenomenologice, iar explicaţiile pe care le dă sînt dezbrăcate, în prima etapă, de complicaţiile care însoţesc orice fenomen electric mai complex şi care reuşesc să complice înţelegerea fenomenului pînă la anulare.

Din acest punct de vedere cartea acad. prof. I. S. Gheorghiu se deosebeşte destul de mult de unele tratate mai complicate, dar care prezintă dezavantajul că nu explică clar cum funcţionează o anume maşină. Astfel, de pildă, R. Richter începe prin a expune comportarea indusului de curent continuu în cîmpul alternativ monofazat, pe cînd acad. prof. I. S. Gheorghiu răspunde, mai întîi, întrebării de ce maşina normală de curent continuu dă curent alternativ cînd este excitată cu curent alternativ. Consider că acest fel de tratare este deosebit de interesant şi, în special, deosebit de util atît studenţilor care trebuie să înţeleagă bine fenomenul, cît şi practicienilor pentru care înţelegerea fenomenului este absolut necesară cînd lucrează într-o uzină constructoare de maşini electrice.

Ca şi în celelalte volume, autorul, acad. prof. I. S. Gheorghiu, expune în această lucrare numai partea teoretică. Problemele de proiectare nu sînt atinse decît numai în măsura în care acestea sînt prea strîns împletite cu teoria.

Se ştie că în prezent maşinile trifazate cu colector sînt din ce în ce mai puţin folosite, deoarece plasarea unui colector la o maşină de putere mare reprezintă o dificultate cu atît mai mare cu cît maşina este mai mare. Din această cauză

* Acest fapt a fost povestit autorului recenziei de ing. Sarcany E., care a lucrat la General Electric Comp. S.U.A., ca ajutor al prof. Steinmetz.

mașinile sînt scumpe și nici randamentul lor nu este satisfăcător. De aceea, la ora actuală, se introduce din ce în ce mai mult sistemul de compensare al mașinii asincrone normale principale, de putere mare, cu o mașină auxiliară trifazată cu colector de mică și chiar de foarte mică putere.

Această problemă atît de modernă azi este tratată de acad. prof. I. S. Gheorghiu în capitolele III și IV. În cel de-al patrulea capitol se dezvoltă pe larg montajul în cascadă al mașinii principale cu una sau mai multe mașini cu colector. În aceste capitole sînt expuse 16 posibilități de legare în cascadă, putîndu-se realiza îmbunătățirea factorului de putere, a reglajului de viteze sau ambele simultan. Aceste sisteme au variante studiate după felul sarcinii și după necesitățile impuse de exploatare.

Tratarea concretă și clară a acestor probleme atît de necesare unei exploatări moderne ne îndreptățește să recomandăm tuturor practicienilor electrotehnicieni să nu le lipsească acest volum. Astăzi, cînd Directivele Congresului al IX-lea al P.C.R. impun modernizarea instalațiilor și a exploatării cu factori energetici ridicați, cartea acad. prof. I. S. Gheorghiu a apărut parcă la momentul cel mai potrivit.

În ultimul capitol autorul tratează o problemă generală privind teoria unitară a mașinilor electrice, teorie care s-a impus în ultimul timp ca o sinteză a tuturor tipurilor de mașini electrice. Inițial formulată de Fallou, acad. prof. I. S. Gheorghiu o expune într-un mod natural și concret. Se arată cum se încadrează în această teorie mașinile electrice de diferite tipuri.

Este interesant faptul că autorul arată cum se pot înscrie în această teorie mașinile sincrone și asincrone asimetrice sau imperfect trifazate. Pentru multe din mașinile electrice, această teorie poate constitui o nouă și sugestivă explicare fenomenologică a procesului de funcționare a mașinii.

Desigur că în această scurtă recenzie nu am putut cuprinde toate aspectele volumului al IV-lea al tratatului de mașini electrice al acad. prof. I. S. Gheorghiu.

Această lucrare, ca de altfel și cele anterioare, depășește programa analitică a facultăților de specialitate. Lucrarea se adresează deci și practicienilor și, poate, mai ales practicienilor.

Studenții vor găsi însă în această carte tot ce trebuie să-și însușească conform programei analitice și le va fi foarte folositoare și în cariera lor viitoare.

Redactarea și tipărirea sînt realizate în condiții bune.

V. Bunea

CZ 621-522.5 : 517.1

R. Pawlowitz. **Elemente binare pneumatice fără părți mobile pentru prelucrarea datelor numerice (amplificatoare mecanice cu fluide).** [Pneumatische Binär-Elemente ohns bewegte Teile, für digitale Daten verarbeitung (flussigkeite mechanische Verstärker)]. În : Automatisierung **IX,** nr. 12, dec 1964, p. 19—22.

Efectul Coandă este denumit după numele inginerului român Henri Coandă, care în anul 1933 a arătat că un jet de lichid, ieșind în apropierea unui perete cu care face un anumit unghi, aderă la suprafața peretelui și urmează curbura acestuia. Fenomenul se explică astfel : jetul, ieșind din ajutaj, antrenează mediul fluid din vecinătate. Fluidul transportat de jet este înlocuit de alt fluid din vecinătatea mai îndepărtată, cu excepția părții din partea peretelui unde această înlocuire nu se poate face. Mai apar simultan trei efecte, o depresiune între jet și perete, un vîrtej de joasă presiune și o presiune perpendiculară pe jet, care abate jetul spre perete. Aderarea jetului la suprafața peretelui și lungimea zonei de separare (între ajustaj și punctul de contact al jetului cu peretele) depind de numărul lui Reynolds, de profilul elementului și de natura jetului.

De curînd efectul Coandă este folosit în amplificatoarele mecanice cu fluid, zise cu jet limitat. Aceste amplificatoare sînt elemente componente ale unor dispozitive moderne pneumatice, care, în unele condiții (mediu viciat, șocuri), înlocuiesc în mod avantajos schemele electronice.

Mai multe exemple și scheme lămuresc funcționarea acestor dispozitive ca elemente „NICI", „SAU" și ca elemente de calcul binar. Cum schemele pneumatice ar fi mai voluminoase, s-a remediat acest inconvenient, printr-o construcție asemănătoare cu aceea a circuitelor imprimate în electricitate. Aceste construcții se fac dintr-un material denumit „dyeril" avînd ca suport o placă de aluminiu de 2 mm grosime. Metoda pentru execuția circuitelor imprimate pneumatice este asemănătoare cu aceea folosită pentru circuitele imprimate electrice.

Este interesant de constatat că de data aceasta metodele folosite în electrotehnică servesc la dezvoltarea aplicațiilor mecanicii fluidelor. Cu un secol în urmă, analogii cu fenomenele hidraulice au servit la dezvoltarea primelor noțiuni despre electricitate.

H. Aslan

REFERATE

CZ 535 *Radiații luminoase*

CZ 535.41 : 628.93

Sarteel, R. **Notă asupra evaluării preciziei de măsurare a fluxului luminos în sfera integratoare** (Note sur l'evaluation de la précision de la mesure des flux lumineux en sphère integratice). În : Revue „E" **4,** nr. 9, 1965, p. 419—430, 7 fig. 1 tab., 2 ref. bibl.

Se indică modul cum se calculează și se măsoară fluxul luminos, dîndu-se elemente din teoria sferei folosite ca suprafață de integrare a fluxului, arătîndu-se principalele cauze de eroare care pot interveni la efectuarea măsurărilor, influența ecranelor, dispozitivelor de măsurare electrice, etc.

Exemplele tratate arată că erorile pot deveni foarte importante dacă nu se iau măsurile indicate și că un calcul exact nu este posibil, însă permite aprecierea ordinului de mărime al erorilor.

L.V.

CZ 534.1 *Vibrații sonore*

CZ 621.43 : 534.1 (076) 20—82 : 62.752 : 620.1.08

Cormick, M. C. și GA. M. W. **Măsurarea și analizarea vibrațiilor** (Mesure et analyse des vibrations). În : Mesures, regulation, automatisme **30,** nr. 4, 1965, p. 14—15.

Între vibrațiile și zgomotul produs de mașinile moderne există o foarte strînsă legătură. Se arată neajunsurile pe care le provoacă vibrațiile, chiar mașinilor care le produc, instalațiilor învecinate și personalului care le deservesc ; modul cum se pot măsura vibrațiile, transformîndu-le în semnale electrice ; mărimile care caracterizează vibrațiile și care trebuie măsurate cînd se întreprinde un studiu ; traductoarele necesare și benzile de frecvență acoperite de accelerometre (75.10^{-2} mm — 7.5 mm pentru amplitudine, 75 μ/s — 75 m/s pentru viteză, 75 mm/s² — 750 m/s² pentru accelerație).

Pentru a se obține informații mai complete asupra vibrațiilor se recomandă analizoarele de frecvențe care se pot acorda pe benzi de frecvențe foarte largi, ceea ce permite identificarea surselor de zgomot și de vibrații și constituie o metodă de defectoscopie care s-a propus și de către colectivul de cercetători din I.C.P.E. La mașinile rotative vibrațiile cele mai mari se datoresc dezechilibrului pieselor antrenate în mișcare (în principal rotorului). În legătură cu măsurile ce trebuie luate cînd se urmărește rezolvarea problemelor de vibrații se recomandă a se evita orice risc de rezonanță. Problema a fost dezbătută pe larg în revista Industrials Electronics din noiembrie 1964.

L. V.

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 53: 621.3.001.5 (44)

Lacoste, R. **Studiu fizic al fenomenelor.** Rezumat al cercetărilor în curs şi orientarea programelor în Franţa (Étude physique des phénomènes. Aperçu des recherches en cours et de l'orientation des programmes en France). În : Bull. de la Soc Française des El., tome **V**, nr. 57, sept 1964, p. 567.

Studierea procesului de degradare a izolanţilor prin descărcări parţiale este impusă de creşterea tensiunii nominale a maşinilor şi a aparatelor. Există două categorii de lucrări asupra acestui fenomen :

1 — tratează cauzele fenomenului de descărcări parţiale ;

2 — tratează consecinţele fenomenului de descărcări parţiale.

Experimentările cu probe de izolant au dus la concluzia că spectrele de amplitudine a impulsurilor de descărcări parţiale pozitive şi negative sînt identice în cazul descărcărilor interne ; ele diferă cînd se produc între suprafeţe de natură diferită (de exemplu între izolant şi electrodul metalic).Produsul principal de descompunere, sub acţiunea descărcărilor parţiale, este H_2, iar produse secundare sînt oxid de azot şi apă. Pentru detectarea radicalilor liberi se va folosi în viitorul apropiat metoda „rezonanţei paramagnetice electronice". Procesul de dezvoltare a vacuolei prin corodare se studiază la materialele birefringente cu ajutorul luminii polarizate. Cercetarea „dinamicii corodării" se va face cu ajutorul unui dispozitiv tip tun electronic, care va bombarda suprafaţa izolantului de studiat cu un fascicul îngust şi subţire de electroni.

A.M.

CZ 621.3.047.43.004.6

Binder, K. **Pulverizarea periilor.** (Bürstenzerstäuben). În : ETZ-B, nr. 10, mai 1965, p. 285—288, 5 fig., 1 diagramă.

R. H. Savage a lămurit cu exactitate fenomenul uzurii rapide a periilor maşinilor electrice în aer uscat, de exemplu la pătrunderea bruscă a aerului rece în timpul iernii sau în straturile de aer de la înălţimi mari (avioane, rachete). S-a dovedit că colectoarele sau inelele colectoare pe care alunecă periile sînt acoperite cu un strat de oxid de cupru de circa 30 mm grosime, peste care se găseşte un strat de grafit de circa 20 mm. Caracterul lubrifiant al grafitului şi deci coeficientul său de alunecare sînt condiţionate de vaporii de apă absorbiţi de stratul de grafit. Adsorbţia, la rîndul ei, depinde de presiunea aburului şi de temperatura mediului înconjurător. Dacă presiunea aburului înconjurător scade sub 3—4 torr, stratul absorbant este distrus şi cu aceasta creşte coeficientul de frecare şi uzura periilor (v. diagrama).

O dată cunoscut, efectul este utilizat la rodajul maşinilor electrice cînd se urmăreşte ca în timpul cel mai scurt periile să se adapteze formei colectoarelor. În acest scop se pot folosi două metode : ori se lucrează în vid, sistem costisitor şi de lungă durată (lucrările preparatoare), ori se introduce dinspre colector un gaz uscat (azot sau argon) căruia i se scade presiunea de la 100 la 1 ata, provocînd astfel scăderea presiunii şi la gazele înconjurătoare, deci şi la vaporii de apă. Se obţin astfel presiuni de 0,2 torr în loc de 3 torr, deci o frecare uscată şi un rodaj rapid al periilor.

Presupunînd curăţarea perfectă a comutatorului şi a periilor, operaţia durează de la 10 s pînă la 2 min. Articolul se încheie cu cîteva amănunte privind fenomenele care pot apărea în timpul şlefuirii şi cu cîteva recomandări privind eventuala utilizare a sistemului descris.

Gh. C.

CZ 621.352.49

Siller, B. **Noi celule cu oxigen din aer.** (Neue Luftsauerstoffzellen), În: ETZ-B, nr. 11, 1965, p. 328—330, 2 fig., 3 grafice, 1 tab.

Autorul descrie noi baterii cu oxigen din aer, care conţin ca electrolit o soluţie de clorură de magneziu II. Sistemul permite apoi utilizarea unor electroliţi cu o suprafaţă deosebit de mare. În plus, aceste baterii au o capacitate superioară de încărcare şi o comportare favorabilă la temperaturi joase.

Cerinţa a apărut din cauza lipsei de piroluzită reuşindu-se să se producă un cărbune deosebit de activ pentru transmiterea oxigenului. Din cauză însă că aceste celule se uscau prea uşor, ulterior s-a revenit la obişnuitele celule cu piroluzită.

Aceste baterii prezintă avantajul că, în timpul descărcării, rezistenţa interioară creşte foarte puţin, iar tensiunea celulei scade într-o măsură neînsemnată. Depozitarea se poate prelungi timp de 2—3 ani (în regiunile tropicale 1 an) fără ca bateria să-şi piardă din însuşiri.

În ultimul timp, în locul celulelor circulare s-a trecut la bateriile cu plăci, realizîndu-se astfel electrozi cu oxigen foarte stabili, a căror construcţie este arătată în două figuri. Trei diferite grafice reprezintă atît curbele de descărcare a acestor baterii cu plăci, cît şi curbele comparative între aceste baterii şi cele cilindrice. De asemenea într-o tabelă sînt arătate valorile principale (tensiunea etc.) la descărcare pentru ambele categorii de celule.

Gh. C

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.13.3: 629.113

Hemardinguer, M. **Generatoare de curent alternativ industriale pentru autovehicule.** (Des alternateurs industriels d'automobile). În : Mécanique-Électricité, nr. 185, feb. 1965. pag. 36—38.

Energia electrică necesară pe un autovehicul creşte în fiecare an, datorită îmbunătăţirilor ce se aduc în special pe autoturisme (receptoare radio, televizoare, comanda automată a geamurilor, condiţionarea aerului, decapotarea). Pe de altă parte, generatorul de c.c. (dinamul) are o serie de inconveniente, printre care prezenţa colectorului şi a periilor, precum şi insuficienţa curentului debitat, atunci cînd viteza autovehiculului scade sub o anumită limită. Folosirea unui generator de c.a., combinat cu redresoare cu siliciu, precum şi unele îmbunătăţiri în ce priveşte reglajul tensiunii, înlătură în foarte mare măsură inconvenientele dinamului.

Autorul prezintă un tip de generator realizat de fabrica Ducellier, în care rotorul are 8 pînă la 12 piese polare care se întrepătrund, avînd un pachetaj inductor central. Curentul de excitaţie este adus la înfăşurarea rotorică prin două mici perii de contact care freacă pe două inele. Înfăşurarea indusă, montată pe stator, nu este — aşadar — supusă la forţa centrifugă, colectorul lipseşte, iar periile nu suportă decît 2—3 A, în loc de 30—35 A ca la dinam. Redresarea se asigură prin diode cu siliciu, avînd un randament de circa 90 %.

Datorită variaţiei autoinducţiei cu frecvenţa, se poate obţine o intensitate de încărcare eficace, chiar cu motorul la ralenti.

Dacă polii rotorului se construiesc pe bază de ferite, înfăşurarea rotorică, inelele şi periile pot fi total suprimate.

Reglajul tensiunii debitate spre bateria de acumulatoare se poate soluţiona prin regulatoare în întregime electronice, al căror preţ este actualmente ridicat, dar care au o durată de serviciu practic nelimitată. Mai puţin scumpe sînt regulatoarele tranzistorizate, la care curentul de excitaţie este întrerupt de un tranzistor, comandat la rîndul lui de un releu vibrator ce funcţionează la numai 100—150 mA şi are prin urmare o mare durată de serviciu.

A. B.

CZ 621.314 *Transformatoare. Redresoare. Convertizoare*

CZ 621.313.63: 669.782

Huynen, B. şi Labbe, G. **Redresoare cu siliciu comandate** (Les redresseurs au silicium commandés). În: Revue „E" **4**, nr. 9, 1965, p. 395—416, 35 fig., 1 tab., 23 ref. bibl.

Lucrarea este o continuare din Revue „E" 4, nr. 3, 1965 şi este consacrată redresoarelor comandate a căror structură este PNPN. Se analizează condiţiile care determină domeniul de folosire şi fenomenele cărora se datoresc limitările ce trebuie impuse diferiţilor parametri în vederea celei mai judicioase folosiri a redresoarelor cu siliciu cunoscute pînă în prezent.

Se discută caracteristicile de tensiune şi curent şi particularităţile circuitului de comandă şi, în legătură cu fiecare mărime, se scot în evidenţă diferiţi factori care influenţează valorile admisibile, după care se descriu unele dispozitive care derivă din structura PNPN şi care vor permite extinderea cîmpului de aplicare a semiconductoarelor la puteri din ce în ce mai mari (redresoare cu comandă fotoelectrică, elemente cu blocare comandată, elemente care permit trecerea curentului în ambele sensuri — simetrice — etc.).

L. V.

CZ 621.314.5

* * * **Convertizoare cu diode cu siliciu** (Convertitori con diodi al silicio). În : L'Elettrotecnica vol. **LII**, nr. 3, martie 1965, p. 191—194, 11 fig.

După ce se face încadrarea problemei, se precizează că schemele ce se vor discuta servesc la transformarea curentului continuu în curent alternativ, folosind unul sau două elemente tiristor legate în serie sau în paralel. Astfel se discută oportunitatea folosirii următoarelor montaje :

a — schema cu R, L, C realizată prin înserierea bobinei L cu elementul tiristor în amonte şi cu capacitatea C şi rezistenţa R legate în paralel ;

b — schema cu R, L, C dispusă în altă ordine şi cu două elemente tiristoare. Se înseriază R cu C şi se leagă în paralel cu primul element tiristor, apoi bucla este pusă în serie cu bobina L montate în aval de tiristor ;

c — schema cu două elemente tiristoare în paralel ;

d — schema cu tiristoare cu şi fără comutaţie.

Prima este realizată cu două tiristoare, iar ultima cu patru tiristoare care formează două circuite în paralel. Pentru fiecare tip de schemă se dă forma tensiunii alternative obţinute. Pe un exemplu ales anume, care să reprezinte în mare parte toate cazurile studiate, se calculează elementele filtru. Se determină capacităţile şi inductanţele astfel încît să se obţină prin redresare o curbă de curent şi tensiune apropiată de nevoile impuse. Atît partea teoretică, cît şi schemele propuse scot în evidenţă oportunitatea folosirii pentru transformarea curentului alternativ în curent continuu, a dispozitivelor cu tiristoare în montaje de tipul examinat.

A.C.

Smulkowski, O. **Supraconductoarele şi aplicaţiile lor** (Les supraconducters et leurs applications). În : La Technique Moderne, tom. **LVII**, nr. 1, ian 1965, p. 9—15, 11 fig., 7 ref. bibl.

După prezentarea problemei (scurt istoric, stadiul cercetărilor şi rezultatele practice obţinute în industrie), autorul face unele consideraţii teoretice privind următoarele probleme :

— Proprietăţile electromagnetice ale supraconductoarelor ; ca principal criteriu al supraconductibilităţii se consideră conductivitatea electrică infinită, arătîndu-se experienţele făcute de Kammerlingh Onnes cu diferite metale. Se indică temperaturile critice, în grade Kelvin, pentru 16 metale utilizate frecvent în industrie.

— Aplicarea supraconductoarelor la instalaţii de laborator şi semiindustriale a dus la construirea unui electromagnet cu bobine supraconductoare. Experienţa a arătat că la un anumit cîmp magnetic (H) variind de la material la material revine rezistenţa electrică a materialului supus experienţei ca supraconductor la o anumită temperatură în grade Kelvin. Se indică limitele de variaţie a cîmpului magnetic critic la care materialele îşi pierd proprietăţile supraconductoare. Se descriu sumar teoria şi principiul de funcţionare a criotroanelor şi se indică aplicaţiile lor, mai ales în cazul maşinilor de calculat.

— După descrierea efectului Meissner se indică compoziţia unor aliaje care la anumite temperaturi (°K) şi cîmpuri (H) devin supraconductare.

— Proprietăţile termodinamice ale supraconductoarelor se referă la conductivitatea termică, la căldura specifică şi sînt ilustrate printr-o serie de curbe semnificative. În încheiere se dau schema şi performanţele unui răcitor magnetic.

A.C.

CZ 621.316 *Distribuţia energiei electrice*

CZ 621.316.47.027.8

Bruckner, P. şi Floth, H. **Instalaţii de distribuţie capsulate (blindate) şi izolate complet pentru seria 110 V necesitînd un ancombrament foarte redus** (Vollisolierte gekapselte Schaltanlagen für Reihe 110 mit sehr kleinem Raumbedarf). În: ETZ-A **86**, nr. 7, 1965, p. 198—204, 13 fig., 11 ref.

Se descrie un sistem de instalaţii de distribuţie creat recent pentru reţele de 110 kV, care corespunde nevoilor crescînde de instalaţii de distribuţie pentru reţelele de tensiuni înalte şi care necesită o suprafaţă şi un spaţiu de amplasare cu mult mai mic decît oricare altă instalaţie clasică de acest gen. Este vorba de o construcţie capsulată fără secţiuni, cu unităţi de conectare amovibile, pentru realizarea căreia se foloseşte ca material izolant hexafluoridul de sulf (SF_6) sub presiune mică, introdus în rezervoare capsulate. După ce se compară posibilităţile de folosire a materialelor solide, lichide şi gazoase la realizarea instalaţiilor de distribuţie pentru diferite tensiuni, se dau amănunte interesante, caracteristici şi grafice care ilustrează şi scot în evidenţă proprietăţile hexafluoridului de sulf, şi se descriu noul sistem de instalaţii de distribuţie, modul de realizare, părţile componente şi siguranţa pe care o oferă în funcţionare. Problema dezbătută este de stringentă actualitate, deoarece în momentul de faţă tehnica aparatelor de distribuţie pentru reţelele de 110 kV resimte din plin nevoia de a rezolva urgent problema siguranţei în funcţionare, izolării perfecte, manipulării uşoare şi sigure, de preferinţă automatizării, costului redus şi gabaritului cel mai mic pentru instalaţiile de distribuţie din tensiunile înalte. Arătîndu-se modul cum sînt folosiţi diferiţi izolanţi, iese în evidenţă faptul că hexafluoridul de sulf introdus sub joasă presiune în rezervoare blindate şi etanşate, care conţin elementele instalaţiei de distribuţie aflate sub tensiune, este foarte indicat datorită calităţilor acestui gaz inert, care nu prezintă caractere nocive, care are o stabilitate mare, a cărui presiune se poate regla automat şi cu ajutorul căruia se pot realiza instalaţii care se pot curăţa prin asocierea şi eliminarea produselor secundare.

Se recomandă studierea lucrării şi chiar realizarea unor instalaţii similare, deoarece în momentul de faţă această problemă preocupă în mod deosebit pe inginerii şi tehnicienii ţării noastre, care au în faţă sarcinile importante trasate de Congresul al IX-lea al Partidului Comunist Român în legătură cu electrificarea, transportul şi distribuţia energiei electrice.

L.V.

CZ 621.317 *Măsurări electrice. Aparate de măsură*

CZ 621.317.733.2.025.1.088.4

Popesco, A. T. **Asupra sensibilităţii maxime a punţii Wheatstone în curent alternativ** (Sur la sensibilité maximale des ponts de Wheatstone en courant alternatif). În : Revue Générale de l'Électricité, tom. **74**, nr. 4, apr 1965, p. 305—316, 12 fig., 11 ref. bibl.

Autorul demonstrează că unele contradicţii observate la studiul punţii Wheatstone în curent alternativ rezultă dintr-o confuzie făcută la origine, cînd s-a calculat impedanţa complexă care intervine în schema punţii. Se prezintă o metodă de calcul ilustrată grafic, care permite determinarea exactă a valorii minime a unei funcţii de variabilă complexă de acelaşi tip ca şi funcţia folosită de lordul Rayleigh. Pe baza unui exemplu numeric se ilustrează contradicţiile discutate în articol şi se scoate în evidenţă exactitatea metodei de calcul propuse. Intrucît metoda de calcul a lordului Rayleigh este răspîndită în manualele de electrotehnică şi este frecvent folosită de electricieni, autorul consideră că indicarea neajunsurilor metodei criticate va permite eliminarea erorii şi va împiedica reproducerea ei în viitoarele publicaţii de specialitate.

Cele două anexe cuprind metoda de calcul a lui Rayleigh susținută de o bază matematică riguroasă și un exemplu de calcul numeric, care dă soluția exactă a problemei discutate de autor, scoțîndu-se în evidență avantajele metodei grafice propuse.

A. C.

CZ 621.318 *Aplicații industriale ale magnetismului*

CZ 621.318.43 : 537.312.62

N a s k o , N. **Pompa de flux electric** (Elektrische Flusspumpe). In : ETZ-B, martie 1965, p. 165, 1 fig.

Pentru producerea unor cîmpuri magnetice foarte puternice se utilizează tot mai des bobine supraconductoare, care în acest scop lucrează la temperatura heliului lichid (4,20 K). Rezistența lor ohmică fiind aproape neexistentă, se obțin densități mari de curent, deci multe spire într-un spațiu redus. Izolarea „cryostatului" (a rezervorului cu temperatură scăzută) este rezolvată. Rămîne problematică alimentarea din afară, deoarece la temperatura normală curenții (500...1000 A), cu care lucrăm cer secțiuni mari, produc căldură și reduc randamentul aparatului. Pentru a se evita cele de mai sus s-a recurs la soluția „pompei de flux", care face posibilă producerea curentului mare chiar în bobină, care rămîne astfel în permanență închisă. Din afară intervin doar mici impulsuri de curent, care fac să crească curentul principal din bobină. Fenomenul este comparat cu punerea în mișcare a unui volan, care, prin niici impulsuri mecanice, este adus la numărul de rotații cerut.

Este descris apoi „cryotronul" (cunoscut de la mașinile de calculat), un element de conexiune, datorită căruia a fost posibilă realizarea „pompei de flux" de mai sus. Funcționarea „cryotronului" se bazează pe faptul că banda de niobu, din care se compune își pierde supraconductibilitatea în prezența unui cîmp magnetic. Este descris apoi fenomenul datorită căruia semiundele de curent ieșite dintr-un transformator supraconductor se suprapun curentului din bobină. Reglajul elementului de conexiune (întreruptorul) se realizează printr-un decalator de fază.

Aparatul se cufundă, în scopul răcirii, într-o baie de heliu lichid de 4°K. La modelul discutat curentul de alimentare este mai mic decît 1 A, pe cînd curentul din bobină atinge 500 A. În faza ei definitivă de dezvoltare, această pompă de flux de mărimea unui pumn urmează să furnizeze 1000 A c.c.

Gh. C.

C 621.365 *Electrocăldură*

CZ 621.365.2.012.8

D u f l o t , J. **Metode moderne pentru reglarea cuptoarelor cu arc** (Les méthodes modernes de régulation de fours à arcs). În : Revue Générale de l'Électricité, nr. 3, 1965

După ce se amintesc principiile generale ale diferitelor sisteme de reglare a cuptoarelor cu arc, se dau o serie de date mai amănunțite privind reglarea prin amplificatoare magnetice și grupuri Ward-Léonard : reglarea prin transistoare și redresoare cu siliciu și reglarea cu amplificatoare magnetice de putere.

Astfel, după expunerea părților comune care intervin în cele trei sisteme de reglare, se fac considerații asupra principiului de reglare a impedanței arcului electric, indicîndu-se, în cazul cuptoarelor trifazate, o serie de relații de calcul.

Se prezintă schema de reglare a cuptoarelor cu arc prin amplificatoare magnetice și grupuri Ward-Léonard și se dau o serie de date referitoare la motorul și generatorul electric folosit. Partea teoretică cuprinde ecuațiile regimului de funcționare a regulatorului de viteză, atît pentru regimul permanent, cît și pentru cel dinamic, cum și unele diagrame edificatoare în privința funcționării regulatorului. Referitor la reglarea prin transistoare și redresoare cu siliciu cu folosirea unui motor de curent continuu pentru reglarea electrodului, se fac completări utile asupra circuitului de comandă, grupului static de redresoare, regulatorului, arătîndu-se ecuațiile de funcționare și precizîndu-se unele avantaje și neajunsuri ale acestui sistem de reglare în comparație cu celelalte două.

Se dă schema electrică, se descrie instalația și se prezintă o vedere generală a regulatorului.

Pentru ultimul tip de reglare prin amplificatoare magnetice de putere cu folosirea unui motor electric de curent continuu cu excitație serie, cu două inductoare, se arată părțile componente ale regulatorului : funcționarea sistemului, schema electrică monofilară și o vedere a regulatorului static.

În continuare se prezintă pe scurt funcționarea unui dispozitiv de limitare a curentului absorbit de cuptor în perioada în care instalația este în scurtcircuit. Se discută problemele legate de un scurtcircuit monofazat și se arată avantajele limitărilor, apoi se consideră un scurtcircuit bifazat, dîndu-se valorile limită ale curenților care ar putea să circule prin motor. Scurtcircuitul trifazat fiind foarte rar, nu este dezvoltat decît sub aspectul măsurilor de prevenire a unei asemenea avarii.

A. C.

CZ 621.8 *Organe de transmisie*

CZ 621.822.5 : 621.892.9

M u i j d e r m a n , E. A. **Noi forme de paliere : palierele cu gaz și cu nervură spirală** (Nouvelles formes de paliers : les paliers à gaz et à rainure spirale). În : Rev. techn. Philips **25**, 1963—1964, nr. 9, 1965, p. 245—266, 26 fig., 1 tab., 18 ref. bibl.

Se studiază principiile fundamentale ale palierelor fără contact, palierelor cu gaz și palierelor cu nervură spirală, tipuri în care frecările și uzura sînt reduse prin acțiunea unui fluid vîscos, lubrifiant, care servește la menținerea unui interval redus și constant între suprafețele portante. Astfel de paliere se pot aplica la turboreactoare, motoare electrice care fac parte din sistemele de automatizare, din agregatele de uz casnic sau care deservesc cabinetele medicale. Se mai arată că, pe baza principiului de construcție al palierului automat fără contact, s-a pus la punct palierul cu nervură spirală care are un coeficient de frecare de 7 ori mai mic și suportă o sarcină de 25 de ori mai mare decît un palier Michell corespunzător. Mici paliere cu nervură spirală, avînd un diametru de cîțiva milimetrii și folosind ca lubrifiant vaselina, asigură o folosire avantajoasă la micromotoarele folosite în cele mai variate domenii, care trebuie să funcționeze la intervale neregulate și să se poată roti sau opri în orice poziție.

V. L.

CRONICĂ

Expoziția construcției economice a Republicii Populare Chineze

Între 23 septembrie și 13 octombrie a.c. a fost organizată, la București, expoziția realizărilor construcției economice a Republicii Populare Chineze. În pavilionul din parcul Herăstrău, pe o suprafață de 4 500 m², a fost expus un mare număr de produse și fotografii ilustrative din viața industrială și culturală a poporului chinez.

Numărul mare și variat al produselor prezentate, calitatea și aspectul lor plăcut, modul elegant de prezentare al tuturor exponatelor au impresionat plăcut pe toți vizitatorii expoziției și au reușit să oglindească, în linii mari, frumoasele realizări ale poporului chinez, în munca lui de construire a unei țări socialiste puternice.

Alături de cele mai fine și minuțios executate produse ale artei meșteșugărești, au fost expuse produse ale industriei ușoare și textile, ale industriei metalurgice, petroliere și constructoare de mașini, instrumente de mare precizie și un bogat sortiment de produse agricole.

Trebuie menționată în mod deosebit, ca o realizare importantă a harnicului popor chinez, macheta hidrocentralei de la Sinangian, al cărui dig înalt de 105 m și lung de 462 m închide un rezervor de apă cu un volum de 17,8 miliarde m³.

În standul industriei constructoare de mașini au fost expuse numeroase mașini-unelte, dintre care indicăm, în continuare, pe cele mai importante.

Mașina de alezat prin coordonate optice cu o coloană tip 4132, destinată prelucrării materialului; mașina universală de mare precizie pentru rectificat rotund, tip MG 1431; mașina de rectificat roți dințate cu modul mic, tip HO53; mașina semiautomată de rectificat șanțul exterior al rulmenților sferici, tip M 8865; mașina de rectificat roți dințate, tip Y7125, precum și alte mașini universale de frezat și strunjit.

Tot din familia mașinilor-unelte, fabricate de constructorii chinezi, care însă nu a fost expus, din cauza gabaritului mare, decît în foto-ilustrație, este strungul carusel cu diametrul maxim de prelucrare de 6 300 mm.

Prin machete, îngrijit executate, s-au prezentat vizitatorilor realizări ale șantierelor navale chineze, și anume: cargoul „Pace", nava mixtă „Democrație"—18, acționată de un motor tip GESDZ43/82, de 2 000 CP, nava tanc de coastă de 4 500 t, acționată de un motor tip GESDZ60/106, draga aspiratoare cu graifer de 350 m³, destinată curățării fluviilor de nămol.

Tot sub formă de machete au fost prezentate și unele realizări ale industriei chineze în construcția materialului rulant, cum sînt locomotiva tip „Satelit "cu motor Diesel și transmisie hidraulică, vagonul de dormit și vagonul cisternă cu o capacitate de 50 t.

Din familia mașinilor textile am remarcat războiul de țesut cu mai multe suveici și mașina de pieptănat bumbac, tip A201.

Deosebit de îngrijit finisate sînt tractoarele și mașinile agricole expuse, dintre care de o atenție deosebită s-au bucurat: tractorul „Răsăritul roșu"—54, pe șenile, cu un motor de 54 CP, tractorul pe roți „Răsăritul roșu"—28, acționat de un motor de 28 CP. Interesant prin posibilitățile multiple de întrebuințare este tractorul tip „Muncitor țăran 7", cu un motor de 8 CP la 1 500 rot/min, care poate fi folosit cu același succes la arat sau grăpat. Tractorul are ca anexă un tip practic de cărucior în care sînt transportate utilajele anexă (pluguri etc.).

Tot din familia mașinilor agricole au fost expuse: semănătoarea de cereale, tip BGX-16; grape cu 24 și, respectiv, 41 de discuri; mașina pentru desfacerea boabelor de porumb de pe știuleți, de tipul TY-4-15.

O impresie deosebită a făcut autoturismul „HUNT", cu un motor de 210 CP, avînd viteza maximă de 180 km/h.

Printre aparatele electrice și instrumentele de măsurare de mare precizie, care au fost prezentate la expoziție, o frumoasă realizare o constituie mașina electronică de calcul analogică DMT-16B.

De asemenea, la acest stand au mai putut fi văzute: microscopul electronic, tip DXA 2—8, cu o capacitate de mărire de 200 000 ori; un aparat pentru trasarea curbelor caracteristice ale tuburilor electronice; o serie de spectrometre; un generator de arc electric etc. Alături de toate acestea, a fost expus un ciclotron electrostatic avînd energia maximă de 2 000 000 eV. Au mai fost prezentate cîteva modele de aparate de radio cu tranzistoare și tuburi electronice de diverse forme și dimensiuni.

A fost expus un mare număr de produse electrotehnice, și anume: motor de curent alternativ cu turații reglabile și cu element de redresare; cîteva tipuri de motoare de curent continuu; stabilizator de tensiune electromagnetic; întreruptor universal cu aer; contactor de curent alternativ; instalație de redresare cu siliciu; cabluri de uz industrial și telefonice. Vizitatorii au putut aprecia finețea și măiestria artei meșteșugărești chineze, admirînd numeroasele, obiecte expuse.

Astfel, au fost văzute minunate sculpturi în lemn, jad, piatră și fildeș, obiecte din bambus și argint, din ceramică și porțelan, jucării și instrumente muzicale.

Expoziția a fost vizitată cu viu interes și apreciată de publicul bucureștean și din alte localități, care au avut cu acest prilej posibilitatea să cunoască nemijlocit realizările poporului chinez pe drumul socialismului.

Organizarea acestei expoziții va aduce o contribuție substanțială la dezvoltarea în continuare a colaborării prietenești și a relațiilor economice și comerciale dintre popoarele chinez și român.

A 15-a sesiune I.S.O./T.c. 61

Între 13 și 18 septembrie a.c. a avut loc, în București, sesiunea a 15-a a Comitetului Tehnic nr. 61 din Organizația Internațională de Standardizare (I.O.S./T.C. 61).

Membrii comitetului, împărțiți în zece grupe de lucru, au elaborat o serie de noi recomandări și proiecte de recomandări I.S.O. în legătură cu clasificarea materialelor plastice, cu metodele de determinare a proprietăților lor mecanice, termice, fizico-chimice și electrice ale materialelor plastice — metode noi, mai raționale, de condiționare a epruvetelor, metode de studiu al îmbătrînirii materialelor plastice, etc.

Grupa a 8-a de lucru (I.S.O./T.C. 61 — G.T. 8), în cadrul căreia au participat la lucrări delegați din 14 țări, a studiat unele aspecte legate de elaborarea unor metode unice pentru determinarea caracteristicilor electrice ale materialelor plastice.

În urma discuțiilor s-a stabilit ca documentul nr. 131 „Metode electrice de încercare a foliilor electroizolante" să fie supus spre aprobare ca anteproiect I.S.O. pînă la 31 ianuarie 1966 (cel mai tîrziu).

În legătură cu metodele de măsurare a sarcinii electrostatice pe epruvete plane (documentul nr. 114), din cauză că unele probleme nu sînt complet clarificate, s-a format o grupă de studii compusă din delegați din șase țări. Delegatul Franței va strînge toate observațiile și va prezenta un raport pe această temă la sesiunea din anul viitor.

Problema coroziunii dielectrice, care, în conformitate cu documentul nr. 130 F (1964), trebuia să se discute la sesiunea din București, 1965, a fost amînată din cauză că este necesar să se aștepte apariția unor documente C.E.I./T.C. 15.

Luîndu-se în discuție documentul nr. 112 „Determinarea omogenității unui material plastic cu umplutură prin metode electrice", s-a ajuns la concluzia că metodele prezentate au aplicabilitate restrînsă și deci nu a mai fost necesară continuarea lucrărilor.

În programul pentru viitor s-au înscris următoarele puncte:

— revizuirea şi difuzarea, ca anteproiect I.S.O., a documentului nr. 113 „Determinarea prin metode electrice a migrării plastifianţilor din policlorură de vinil în polietilenă";

— studierea, într-un comitet restrîns, a problemei măsurii sarcinii electrostatice;

— studierea posibilităţilor de îmbunătăţire a metodei elaborată de C.E.I./T.C. 15 pentru determinarea rezistenţei la curenţi de scurgere. În această problemă s-a hotărît ca rezultatele unor încercări efectuate în România (la I.C.P.E.), Franţa şi Polonia, să fie comunicate preşedintelui grupei de lucru (ing. Miklovitz A. — Ungaria), şi delegaţiei germane (dr. Suhr H.), pînă la finele lunii iunie 1866.

Pentru urgentarea lucrărilor s-a stabilit, de asemenea, ca membrii grupei de lucru nr. 8 să trimită cît mai repede posibil preşedintelui grupei observaţiile lor asupra documentului nr. 133 „Utilizarea proprietăţilor dielectrice ca criterii pentru alegerea parametrilor tehnologiei la fabricarea materialelor electroizolante termorigide", propus de Polonia, şi asupra documentului nr. 136, „Metodă pentru măsurarea vitezei de descărcare a materialelor plastice electrizate", propus de Suedia.

Următoarea sesiune I.S.O./T.C. 61 va avea loc la Stockholm în luna septembrie sau octombrie 1966.

SCURTE ŞTIRI

Turboagregat de 800 MW. La uzina electrică Slavianskaia din Dombas se va instala un turboagregat de o putere de 800 MW, cu o unitate de cazangerie care va produce circa 2500 t/h abur. De altfel, aceasta va fi cea mai mare unitate energetică lucrînd cu combustibil solid. În focar se vor consuma într-o oră de exploatare 300 t antracit.

Din: Promîşlennaia energetika, nr. 5, 1964.

Sudura nucleară. La Institutul de chimie fizică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. s-a elaborat o nouă metodă numită „sudură nucleară". Prin acest procedeu se poate efectua o îmbinare durabilă şi sigură a pieselor componente metalice cu cele din material plastic. În locul joncţiunii metalului şi al materialului plastic apare o legătură moleculară care determină o îmbinare perfectă a ambelor materiale.

Din: Elektrie, nr. 4, 1964.

Un generator magnetoplasmodinamic. Firma britanică „International Research and Development Co. Ltd." a obţinut un anumit progres pe drumul producţiei directe a energiei electrice. S-a reuşit a se introduce în exploatare un generator cu circuit închis magnetoplasmodinamic. Curentul electric produce aici gazul propriu conducător, care se mişcă, cu viteză mare, într-un spaţiu complet închis, în cîmpul magnetic.

Din: Elektrotehnik XIX, nr. 9, sept. 1964, p. 276.

Tensometru electric rezistiv. Utilizarea tensometrelor electrice rezistive la măsurarea deformaţiilor mecanice şi solicitarea pieselor componente au fost pînă în prezent limitate la un domeniu relativ mic de temperaturi. Au apărut însemnate dificultăţi la alegerea cleiurilor, care să corespundă şi la temperaturi mai înalte cu întreaga tehnologie de lipire. Aceste neajunsuri sînt complet înlăturate prin tensometre speciale noi, care pot fi fixate prin sudare (în loc de încleiere) pe obiectul măsurat. Se pot efectua măsurări tensometrice la temperaturi la care pînă în prezent, în general, nu s-au folosit instrumente de măsură.

Tensometrele noi sînt mici, robuste şi domeniul lor de lucru este în limitele temperaturilor de la −194°C (temperatura aerului lichid) pînă la +260°C (la unele tipuri pînă la 400°C). Corpurile individuale de măsură — detaşabile — se pot cupla au ajutorul sudurii prin puncte pe toate materialele metalice obişnuite. Deoarece nu mai trebuie să se aştepte uscarea cleiului, timpul între fixare şi utilizare se scurtează de la zile şi ore la minute. Comportarea la încercările de tracţiune şi la presiune este foarte bună.

Cea mai mare deformare relativă admisibilă este de ±5 promile (adică ± 5 mm/m). Proprietăţile electrice ale tensometrelor introduse sînt aproximativ aceleaşi ca la tensometrele cu suportul încleiat, adică rezistenţa electrică este de 120 Ω şi constanta de exploatare (raportul variaţiei relative a rezistenţei faţă de deformarea relativă) are valoarea aproximativă 2. Piesele detaşabile se pot cupla în modul acesta pe amplificatoare normale şi pe punţile tensometrice.

Din: Elektrotechnik und Maschinenbau, nr. 5, 1964.

O nouă uzină nucleară în Franţa. Societatea de electricitate din Franţa a început să construiască în regiunea Loire et Cher o nouă uzină nucleară de o putere de 500 MW. Aceasta este pînă în prezent a patra uzină a acestei societăţi, deocamdată cea mai mare. Temelia uzinei (al cărei reactor va fi moderat cu apă grea) este, de asemenea, în construcţie şi întreaga instalaţie va fi dată în exploatare în anul 1966.

Din: Elektrotechnik, nr. 10, 1964.

O uzină electrică de 3 GW în Anglia. În Anglia s-a planificat construcţia unei uzine electrice de 3 GW. Uzina va fi construită în regiunea Vest Ridding şi va fi cea mai mare uzină termoelectrică engleză.

Din: Elektrotechnik, nr. 10, 1964.

Cea mai mare uzină hidroelectrică din lume. Cea mai mare U.H.E. din lume urmează a fi construită în Congo. Conform aşa-numitului „Ingaproiect" urmează a se crea un lac artificial în lungime de 225 km. La uzină se vor instala turbine cu o putere de 25 GW.

Din: Elektrotechnik, nr. 1, 1965.

Intreruptoare de mare putere în S.U.A. Firma Westinghouse construieşte 11 întreruptoare de putere, care vor reprezenta totodată cele mai mari dispozitive de acest fel executate în S.U.A. Puterea unitară a întreruptoarelor va fi de 35 GVA la tensiunea de 500 kV. Camera de stingere a dispozitivului va fi umplută cu un lichid special neinflamabil (hexafluorid de sulf).

Înălţimea totală a fiecărui întreruptor va fi mai mare de 9 m, iar greutatea, de circa 40 t.

Din: Electrotechnik, nr. 1, 1965.

Agregate hidraulice de mare putere în Franţa. Societatea franceză „Électricité" de France a hotărît să construiască agregate hidraulice de o putere de 600 MW. Primul urmează a fi introdus în exploatare în anul 1967.

Generatorul electric al agregatului va avea o tensiune de 20 kV şi factorul de putere cos $\varphi = 0{,}9$. Rotorul va fi răcit cu hidrogen, iar statorul va fi răcit, probabil, combinat cu apă şi hidrogen.

Din: Elektrotechnik, nr. 2, 1965.

Corpul de iluminat al viitorului pare a fi lampa „Sodium Lucalox" (construită de General Electric). Lampa lucrează cu o temperatură ridicată şi înaltă presiune, are grosimea unui creion şi o luminozitate de 100 lm/W, cu perspectivă de a fi ridicat la 140 lm/W.

Din: ETZ−B, nr. 12, 1965.

Un nou material sintetic termoplastic „polysulfon" este un material din cele mai dure şi mai rezistente la căldură. Nu este inflamabil şi îşi menţine toate calităţile între —100°C şi +150°C. Actualmente se construieşte (în S.U.A.) o fabrică de „polysulfon"

Din: ETZ—B, nr. 12, 1965.

Cel mai mare turbogenerator de 500 MW. Industria engleză a realizat cel mai mare turbogenerator din lume, avînd o putere de 500 MW la 22 kV, turaţia 3 000 rot/min.

Dimensiunile generatorului sînt următoarele: lungimea de 8,7 m, iar diametrul, de 4,8 m.

Din motive de transport, construcţia este alcătuită din două părţi. Răcirea se face cu hidrogen şi apă.

Din: Engineering 199, 5151, 38—39, 1965.

Noi lămpi cu lumină mixtă. Utilizarea lămpilor combinate, constituite dintr-un tub cu descărcări în vapori de mercur şi filament clasic, a permis suprimarea balastului folosit în mod obişnuit la lămpile cu vapori de mercur sub presiune, funcţia respectivă fiind preluată de filament. Spectrul de lumină dat de substanţa fluorescentă a balonului (excitată de lumina dată de tubul cu descărcări), împreună cu cel dat de filament se completează astfel încît să se obţină un spectru luminos plăcut. Prin noile perfecţionări constructive aduse, durata de viaţă a acestor lămpi a fost ridicată la 5 000—6 000 h de funcţionare.

Din: Lux 32, martie 1965, p. 111—114.

Tiristoare întrebuinţate ca întreruptoare rapide în curent continuu. Multiplele posibilităţi pe care le oferă tiristoarele au permis întrebuinţarea lor cu funcţia de întrerupere rapidă, în circuite de curent continuu pentru comandă şi reglaj. Ele permit întreruperea rapidă a curenţilor continui, fără contacte în mişcare şi fără pierderi.

Din: Elektrotechnik 47, nr. 12, 21 aprilie 1965, p. 231—233.

O nouă serie de întreruptoare cu ulei puţin pentru tensiuni medii. Firma Siemens a dezvoltat o nouă serie de întreruptoare cu ulei puţin pentru tensiuni medii de 6, 10 şi 20 kV, cu puteri de rupere de 150 şi 250 MVA la 6 kV, 250 şi 350 MVA la 10 kV, 350 şi 500 MVA la 20 kV. Noua serie prezintă avantajul unei ruperi a arcului, practic, independent de curent, adică ruperea la curenţi mici capacitivi s-a îmbunătăţit în mod substanţial.

Din: Siemens Z. 39, nr. 4, aprilie 1965, p. 329—331.

Cifre caracteristice pentru calitatea produselor electrotehnice. Pentru a caracteriza calitatea produselor electrotehnice pe baze obiective, oarecum matematice, se supune spre discuţie o propunere de calcul al coeficientului de calitate a unui produs, ţinînd seamă de costurile de garanţie, de coeficientul de reclamaţii ale cumpărătorilor, de nesiguranţa în exploatare şi de coeficientul de complexitate.

Din: Elektrie 19, nr. 4, aprilie 1965, p. 185.

Încercări preliminare la transformatoare, fără jugul superior montat. Pentru a elimina surprizele la standul de probă, în urma măsurărilor care se fac pe transformatoare cu partea activă complet montată, se pot face măsurări preliminare pe partea activă a transformatorului, fără ca acesta să aibă jugul superior montat şi, de asemenea, fără ca conexiunile, la un eventual regulator de tensiune sub sarcină, să fie făcute. Măsurările se referă la determinarea, cu o aproximaţie destul de bună, a pierderilor în înfăşurări şi a tensiunii de scurtcircuit. În acest mod se economisesc multă muncă şi timp, care s-ar cunsuma altfel cu montarea şi demontarea succesivă a jugului superior şi cu eventualele adaptări şi modificări care trebuie aduse înfăşurărilor pentru încadrarea în valorile prescrise pentru pierderi în înfăşurări şi tensiunea de scurtcircuit.

Din: ETZ — B 17, nr. 7, 26 martie 1965, p. 157.

Întreruptoare pentru tensiuni medii cu hexafluorură de sulf. O nouă serie de întreruptoare pentru tensiunile de 10, 20 şi 30 kV a fost dezvoltată de firma Siemens, întrebuinţînd ca mijloc de acţionare şi mediu de izolare şi rupere a arcului hexafluorură de sulf SF_6. În acest fel s-au obţinut întreruptoare cu puteri de rupere mari (pînă la 1 500 MVA) la dimensiuni reduse ale aparatului şi mare siguranţă în funcţionare. De exemplu, întreruptorul de 30 kV, 2 500 A, 1 500 MVA (puterea de rupere) are dimensiunile de gabarit de 780 × ×1100×1 280 mm şi greutatea de 380 kg.

Din: Siemens — Z. 39, nr. 4, aprilie 1965, p. 326—328.

Acumulatoare miniatură. Miniaturizarea în domeniul acumulatoarelor a dus la realizarea de acumulatoare alcaline, etanşe la gaz, de formă cilindrică, cu diametrul elementului de 4,3—5 mm şi cu înălţimea de 4,5, respectiv 6,2 mm. Capacitatea (corespunzătoare la o descărcare de 10 h) ajunge la 4,5, respectiv 6,5 mAh. Ele prezintă o energie specifică ridicată, şi anume de 70, respectiv de 49 mAh/cm³ (la o descărcare de 10 h), durată de viaţă ridicată, imersibile la inversarea polarităţi şi nu necesită întreţinere.

Ca domenii de aplicare se remarcă întrebuinţările la aparatura medicală pentru diagnostic şi la aparatură de semnalizare a depăşirii dozei de radiaţii în tehnica radioactivităţii etc.

Din: ETZ — B 17, nr. 2, 1965, p. 25—28.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Acad. R.S.R.; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil; ing. V. BUNEA; ing. V. CIOFU; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU; ing. AL. GRECEANU; ing. ŞT. GROSU; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct; conf. ing. G. LAZARIDE; ing. A. POPA; prof. ing. CRISTINA POPESCU; ing. VL. POPOVICI; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET; ing. ST. ŢIGANETEA; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica, nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.N.R.S.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 3291

Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/727/1965.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

41 400

SOMMAIRE

CD 621.317.716.088.3/4 ; 621.317.313

Horlopan, Gh. : **La compensation des shunts utilisés au mesurage des courants à variations rapides.**

Electrotehnica *13*, no. 10, oct. 1965, p. 353–357

On démontre théoriquement et l'on vérifie expérimentalement la possibilité de compenser les shunts utilisés au mesurage des courants à variations rapides. A cet effet, on fait l'analyse de la réponse d'un shunt à l'excitation palier et l'on décrit le montage et les résultats obtenus par l'auteur au cours des expériences effectuées. On précise qu'un shunt d'une certaine construction, légèrement compensé, peut être supérieur du point de vue de la qualité, au shunt coaxial.

CD 621.313.322–573.2

Drăgănescu, O. : **Considérations concernant la manière de produire le couple monoaxial à la machine synchrone.**

Electrotehnica *13*, no. 10, oct. 1965, p. 358–361

On expose la théorie du couple coaxial qui se produit lors du démarrage des moteurs synchrones et l'on tire les conclusions nécessaires pour assurer un démarrage facile. Les vérifications expérimentales mènent à la même conclusion.

CD 621.317.39 ; 621.313.1–573

Oprendeck, B. et *Natraşevschi, A.* : **Le mesurage des couples de rotation et des forces à l'axe des dynamomètres balanceurs.**

Electrotehnica *13*, no. 10, oct. 1965, p. 361–365

On présente la classification et les caractéristiques fonctionnelles des dynamomètres balanceurs. On spécifie les méthodes de mesurage du couple, en indiquant l'influence des différents facteurs et particulièrement des supports balanceurs, sur la précision du mesurage.

On traite ensuite le problème de l'étalonnage. Pour clore, on souligne les tendances de la technique actuelle, qui fournissent des indications pour la technique de laboratoire ou pour la pratique industrielle.

CD 621.313.333.048.1 ; 629.12

Antohi, C. et *Bercu, A.* : **Schémas d'isolation pour moteurs asynchrones utilisés à l'équipement des navires.**

Electrotehnica *13*, no. 10, oct. 1965, p. 366–371

Après une présentation sommaire du stade actuel de la technique dans ce domaine ainsi que des conditions dans lesquelles doivent fonctionner les moteurs électriques montés sur des navires, les auteurs indiquent les travaux effectués par l'Institut de Recherches et Projets Electrotechniques en vue d'établir les schémas d'isolation optima ainsi que les résultats obtenus. Pour conclure, on recommande d'introduire dans la fabrication deux schémas d'isolation, et notamment : un schéma de la classe „E" pour les moteurs électriques destinés aux navires fluviaux et cotiers, qui circulent dans les zones tempérées, et un autre schéma, de la classe „B" pour les moteurs électriques destinés à l'équipement des bateaux maritimes.

CD 621.313.333.048.1.004.6

Berinde, V. et *Soare, I.* : **La durée de fonctionnement du schéma d'isolation „E" utilisé dans la construction des machines électriques asynchrones à basse tension ayant des puissances jusqu'à 100 kV.**

Electrotehnica *13*, no. 10, oct. 1965, p. 371–377

On présente les conclusions ainsi que les résultats obtenus pendant la détermination expérimentale de la durée de fonctionnement d'un schéma d'isolation „E", par des essais accélérés, conformément aux recommandations de la C.E.I. (projet).

COMPTES-RENDUS 377–378
EXTRAITS 378–381
CHRONIQUE 382–383
BRÈVES COMMUNICATIONS 383–384

CZ 621. 313

MAȘINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ȘI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313.17 ; 621 – 523

Lodocinikov, E. A. ș.a. **Noi tipuri de motoare electrice pas cu pas.** În : Elektrotehnika, nr. 1, ian 1965, p. 38 – 40, 3 fig., 2 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621.313.322.001.5

Funke, H. și *Macioschek, G.* **Influența unui cîmp magnetic cu o singură latură asupra comportării în funcționare a motoarelor sincrone.** În : Elektrie **19**, nr. 5, mai 1965, p. 233 – 238, 15 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.313.33.016.33

Leonhard, A. **Comportarea mașinii asincrone la variații de sarcină.** În : Elecktrotehnik und Maschinenbau **82**, nr. 1, ian 1965, p. 3 – 7, 7 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.314

TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.21 (083.7)

Weber, W. **Transformatoarele după prescripțiile noi ale VDE 0532/8.64.** În : Conti Elektro-Ber. **11**, nr. 2, 1965, p. 54 – 55, 1 fig., 1 tab.

CZ 621.314.21 ; 621 – 181.4

Hersic, Nicolaj. **Forma cea mai economică a transformatoarelor mici.** În : Rev. Gén. Electr. **73**, nr. 12, dec 1964, p. 637 – 640, 4 fig.

CZ 621.315

TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE. LINII AERIENE. CABLURI SUBTERANE. CONDUCTOARE. MATERIALE IZOLANTE

CZ 621. 315.2 ; 621.315.96

Wehn, E. R. **Experiența de exploatare a cablurilor transportul energiei, în special a cablurilor cu materiale plastice pînă la 10 kV.** În : Energie **16**, nr. 12, dec 1964, p. 485 – 494, 34 fig.

CZ 621.315.337.4 ; 621.315.617.4

Vardenburg, A. K. ș.a. **Influența lacurilor de impregnare asupra izolației din email a conductoarelor.** În : Electrotehnica, nr. 1, ian 1965, p. 34 – 36, 2 tab., 5 ref. bibl.

CZ 621.315.61 ; 537.52

Veverka, A. și *Wahlmuth, F.* **Descărcări într-o cavitate dielectrică cu referință la sarcinile măsurate.** În : Elektrie **19**, nr. 5, mai 1965, p. 202 – 205, 8 fig., 2 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621,316

DISTRIBUȚIA ENERGIEI ELECTRICE. REȚELE DE DISTRIBUȚIE. DESCHIDEREA ȘI ÎNCHIDEREA CIRCUITELOR. REGLAREA MĂRIMILOR ELECTRICE. PROTECȚIA APARATELOR

CZ 621.316.1.027.062.8

Voland, H. **Comutator de rezervă automat în sistemul de joasă tensiune folosind comutatorul de putere EL 24/400.** În : Elektrie **19**, nr. 5, mai 1965, p. 220 – 222, 6 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.

CZ 621.316.3

Kloeppel, F. W. și *Fiedler, H.* **Lanțul de transformare, un element de proiectare modern care leagă domeniile de joasă și medie tensiune.** În : Elektrie **19**, nr. 5, mai 1965, p. 208 – 212, 5 fig., 4 ref. bibl.

CONTENTS

DC 621.317.716.088.3/4 : 621.317.313.

Hortopan, Gh. : **The compensation of the shunts used to measure the rapid-vibration currents.**

Electrotehnica **13**, nr. 10. oct. 1965, p. 353–357

The possibility of compensating the shunts used to measure the rapid-variation currents is theoretically demonstrated and experimentally checked. The answer of a shunt to the step excitation is analysed for that purpose and the mounting used and experimental results obtained by the author are also described. It is shown that a shunt of whatever construction, slightly supercompensated may be qualitatively superior to the coaxial shunt.

DC 621.313.322–573.2

Drăgănescu, O. : **Some considerations concerning the production way of the monoaxial couple in synchronous machines.**

Electrotehnica **13**, nr. 10. oct. 1965, p. 358–361

The theory of the monoaxial couple occurring on starting synchronous engines is explained and some conclusions drawn concerning the conditions required to ensure an easy start. The experimental checks lead to the same conclusion.

DC 621.317.39 : 621.313.1–573

Oprendeck, B. and *Natraşevshi, A.* : **Measuring the rotation couples and shaft forcesby means of balancing dynamometers.**

Electrotehnica **13**, nr. 10. oct. 1965, p. 361–365

The classification and functional characteristics of the balancing dynamometers are presented. The couple measuring methods are described stressing the influence of different factors, especially of balancing supports on the accuracy of measurements. The standardization problem is than discussed. Some trends of up-to-date technics as well as relevant indications for laboratory and industrial activities are emphasized in conclusion.

DC 621.313.333.048.1 : 629.12

Aantohi, C. and *Bercu, A.* : **;Some insulation schemes for the asynchronous engines used in naval constructions**

Electrotehnica **13**, nr. 10. oct. 1965, p. 366–371

After briefly describing the present stage of technics in this field and the working conditions of ship electromotors, the authors inform about the works carried out at the Electrotechnical Research and Designing Institute for establishing the optimum insulation schemes. On the basis of the results obtained, two insulation schemes are suggested for manufacturing purposes, namely an E-class insulation scheme for electromotors designed for fluviatile and coastal ships navigating in temperate zones and a B-class scheme for sea ship electromotors.

DC 621.313.333.048.1.004.6

Berinde, V. and *Soare, I.* : **The lifetime of the „E" insulation scheme used for low-tension asynchronous electrical machines with powers up to 100 kV.**

Electrotehnica **13**, nr. 10, oct. 1965, p. 371–377

The conclusions and results obtained in the experimental determination, according to the I. E. C. recommendations (design), of the lifetime of an „E" insulation scheme by accelerated tests are presented.

REVIEWS 377–378

ABSTRACTS 378–381

CHRONICLE 382–383

BRIEF NEWS 383–384

CZ 621.316.3/9 ; 621.33.001.24

Kociuraev, L. D. **Formule structurale ale siguranței de funcționare a aparatajelor pentru locomotive electrice.** În : Elektrotehnica **35**, nr. 12, dec 1964, p. 36—37, 3 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621.316.37.027.8

Briest, H., Bahrs, E. și *Krüger, K. D.* **Comparația aparatajului electric de 110 kV pentru interior și exterior.** În : Elektrie **19**, nr. 5, mai 1965, p. 212—214, 2 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.316.54.064.25/09

Tolazzi, H. **Dezvoltarea construcției disjunctoarelor cu tensiune medie, cu volum de ulei redus pentru instalațiile interioare.** În : Conti Elektro-Ber. **11**, nr. 2, 1965, p. 41—48, 16 fig., 6 ref. bibl.

CZ 621.316.57 ; 621.316.925,342/43

Prade, G. O. **Întreruptor de protecție pentru curenții de fugă cu posibilități de aplicare multiple și capacitate de comutare la scurtcircuit.** În : Elektrotechnik und Maschinenbau **82**, nr. 4, apr 1965, p. 185—191, 14 fig., 2 tab., 5 ref. bibl.

CZ 621.315.623.002.2

Trusova, V. M. și *Kaidanova, I. P.*, **Noi tipuri de izolatoare suport, de porțelan.** În : Elektrotehnika **35**, nr. 12, dec 1964, p. 47—48, 2 fig., 3 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621.315.624.8 ; 537.523

Merhalev, S. D. și *Solomonic, E. A.* **Mecanismul de dezvoltare a descărcării pe suprafața impurificată a izolatoarelor.** În : Elektr. stanții **35**, nr. 12, dec 1964, p. 50—53,5 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.316.722 ; 621.314.63 ; 621.3.072.2

Skuratovski, N. **Regulator de tensiune electronic pentru redresoarele trifazate.** În : Radio, nr. 1, ian 1965, p. 47—51, 2 fig.

CZ 621.316.9.064.1 ; 621.314.57 ; 621.382

Hengsberger, J. și *Wiegand, A.* **Protecția redresoarelor cu tiristoare de mare putere.** În : ETZ—A **86**, nr. 8, apr 1965, p. 263—268, 2 fig., 18 ref. bibl.

CZ 621.316.923.1

Seysen, R. **Noi elemente fuzibile de joasă tensiune cu înaltă putere de rupere tip SNU pentru 500 V, 6—630 A.** În : Conti Elektro — Ber **11**, nr. 2, 1965, p. 48—53, 6 fig., 3 tab., 5 ref. bibl.

CZ 621.316.99.001.5 ; 621.315.1.027.2 (436.4)

Hausegger, H. **Puneri la pământ la exploatările de tensiune joasă în regiunile muntoase.** În : Elektrotechnik und Maschinenbau **82**, nr. 4, apr. 1965, p. 165—168, 2 fig., 2 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621.317

TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.444 ; 621.382.3

Denisov, I. N. și *Ivaskevici, S. A.* **Măsurarea cîmpurilor magnetice cu ajutorul tranzistoarelor cu germaniu.** În : Priborî i tehnika eksperimenta **9**, nr. 6, nov — dec 1964, p. 125—130, 9 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.317.7.083.5

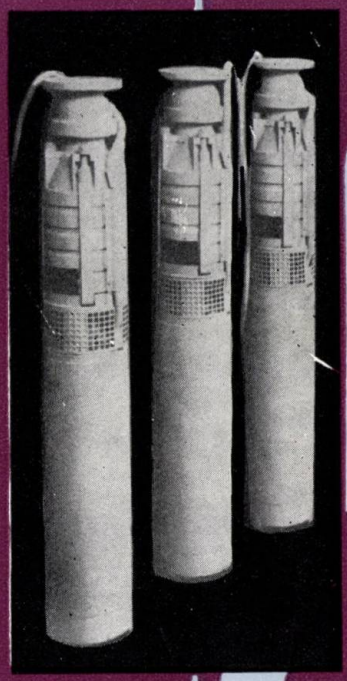
Walder, Th. **Progrese în construcția pupitrelor de măsurare prin compensare în tehnica măsurărilor electrice.** În : Elektrotechnik und Maschinenbau **82**, nr. 1, ian 1965, p. 22—30, 10 fig., 11 ref. bibl.

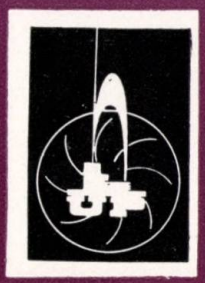
CZ 621.319

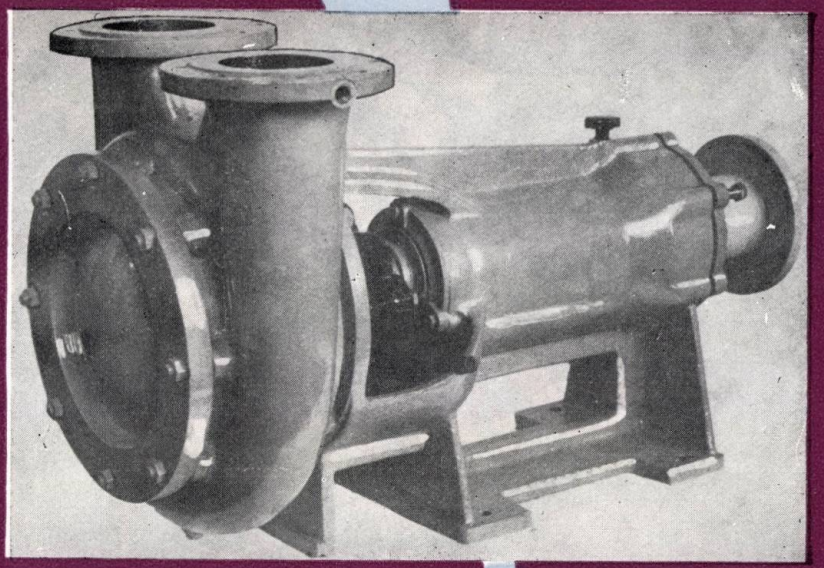
CONDENSATOARE

CZ 621.319.4 ; 621.315.614.001.57

Pintal, I. C. **Caracteristicile de ionizare și îmbătrînirea izolației din hîrtie uleiată pentru condensatoare.** În : Elektrotehnika, nr. 1, ian 1965, p. 58—60, 5 fig., 8 ref. bibl.







— Pompe pentru alimentarea și recircularea apei industriale

— Pompe pentru industria chimică, din materiale rezistente la coroziune.

— Pompe pentru lichide cu temperatură ridicată.

— Pompe pentru soluții în suspensie. nămoluri, nisipuri, paste etc.

— Pompe de vid cu inel lichid

— Pompe submersibile

Relații complete privind programul de fabricație, cum și caracteristicile constructive și funcționale ale pompelor, se pot obține de la „Biroul de relații tehnice" al uzinei
Telefon: 35 35.58

UZINA DE POMPE
BUCUREȘTI

Str. Ziduri Moși nr. 25, Tel. 35.50.00

MARCĂ

UZINA Vulcan BUCUREȘTI

INTERNAȚIONALĂ

Vulcan

CAZANE DE ABUR cu debite variind între 6,5 și 420 t/h și presiuni între 8 și 140 kgf/cm², pentru toți combustibilii uzuali indigeni.

CAZANE RECUPERATOARE de căldură tip K.U. 40 și U.S. 2,6.

CAZANE DE APĂ FIERBINTE pentru termoficare, pînă la 100 Gcal.

CAZANE „VUIA" de 1 și 3 t/h, complet automatizate.

Vulcan

DIVERSE CONSTRUCȚII METALICE tubulare și din profile sudate, modernizări de utilaje, dispozitive, utilaje pentru industria materialelor de construcție și siderurgie.

Vulcan

UTILAJ CHIMIC divers: decantoare, rezervoare cilindrice, coloane cu diferite utilizări etc.

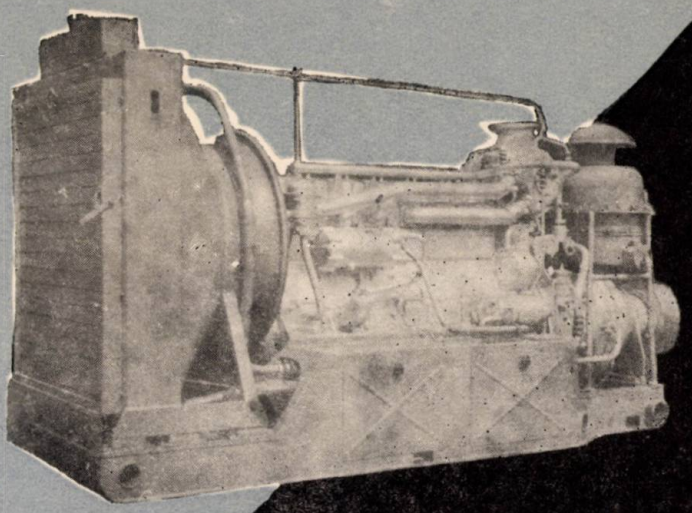
UTILAJ PETROLIER: unități de pompare, pompe cu piston duplex și triplex, separatoare de gaze și țiței, cu presiuni între 8 și 70 kgf/cm².

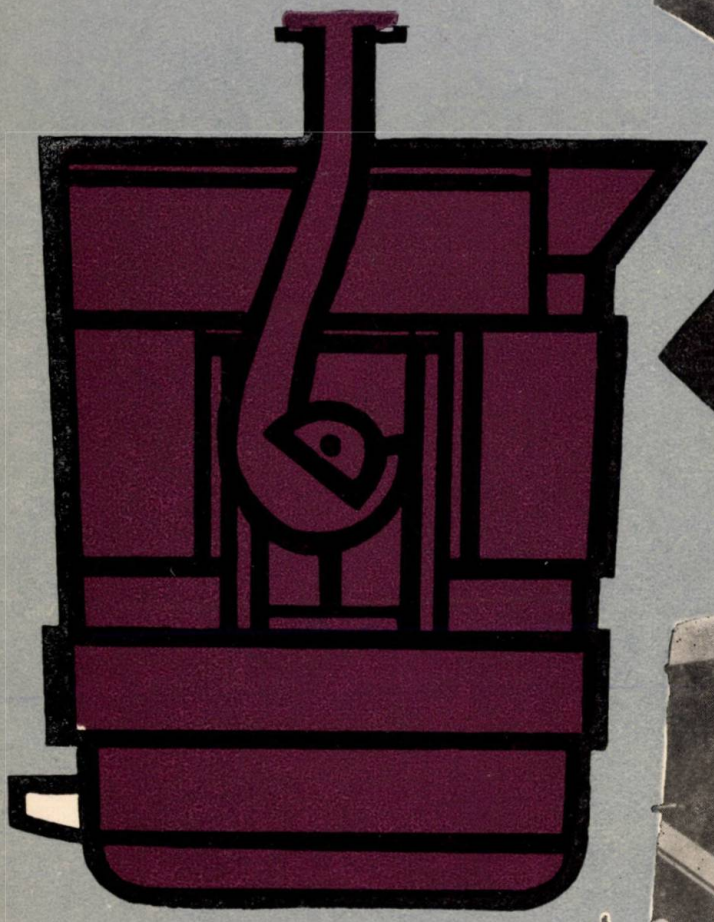
STR. VULCAN NR. 10 – TEL.: 15.41.43

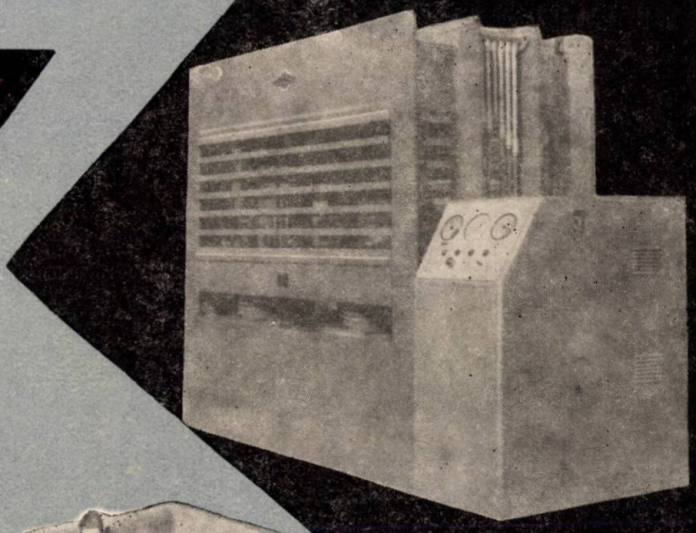
UZINA 23 AUGUST

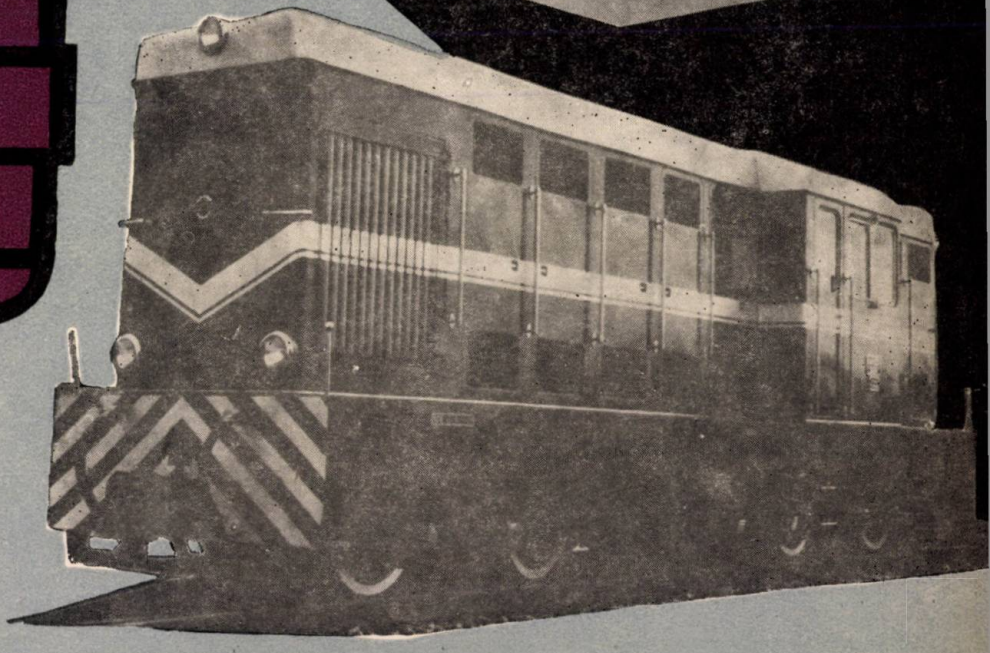
produce:

- Agregate și aparataje pentru industria chimică
- Agregate și utilaje pentru industria siderurgică
- Motoare Diesel, de la 100 la 1 000 CP
- Linii de ciment, de 800 și 1 200 t zi
- Material rulant
- Locomotive de manevră, pentru cale normală și îngustă
- Vagoane-cisternă de mare capacitate
- Vagoane speciale pentru siderurgie
- Frîne cu aer comprimat pentru material rulant
- Prese hidraulice cu 6 și 15 etaje pentru industria lemnului









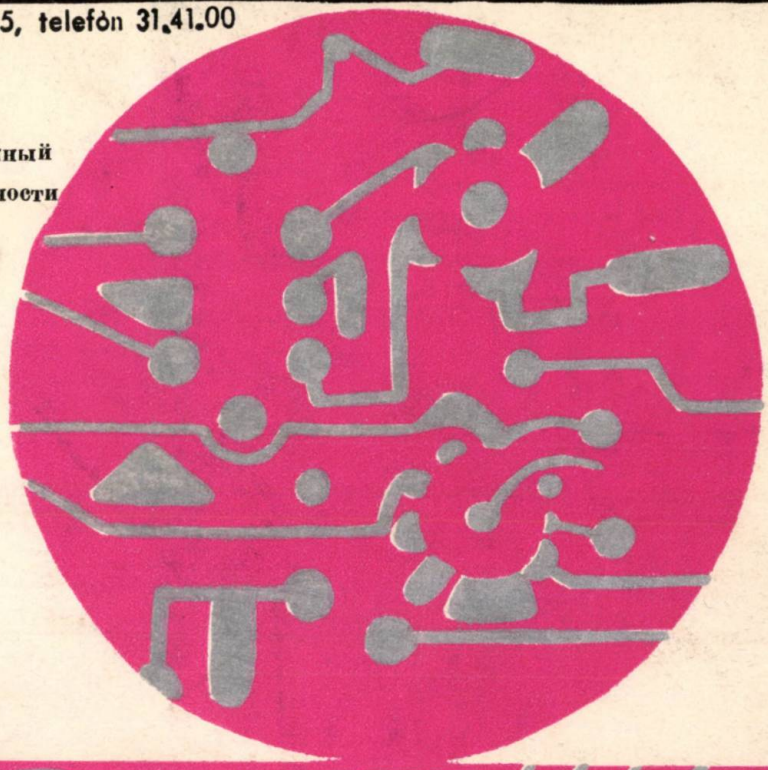
UZIA

1966 FEB - 1

MICM ICPE

INSTITUTUL DE CERCETARE ŞI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

din Bucureşti. Bd. T. Vladimirescu 45, telefon 31.41.00



Научно-исследовательский и Проектировочный институт по вопросам электропромышленности

Electrical Engineering and Research Institute

Forschungs-und Projektierungsinstitut für die Elektroindustrie

Institut de Recherches et Projets pour l'industrie Électrotechnique

primeşte comenzi de cercetare şi proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din ţară.

Institutul execută studii, încercări, omologări şi prototipuri din domeniul maşinilor şi transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă şi înaltă tensiune, acţionărilor electrice, schemelor complexe electrice şi electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu maşini electronice, materialelor electrotehnice, cum şi proiectări pentru uzine şi fabrici cu acest profil.

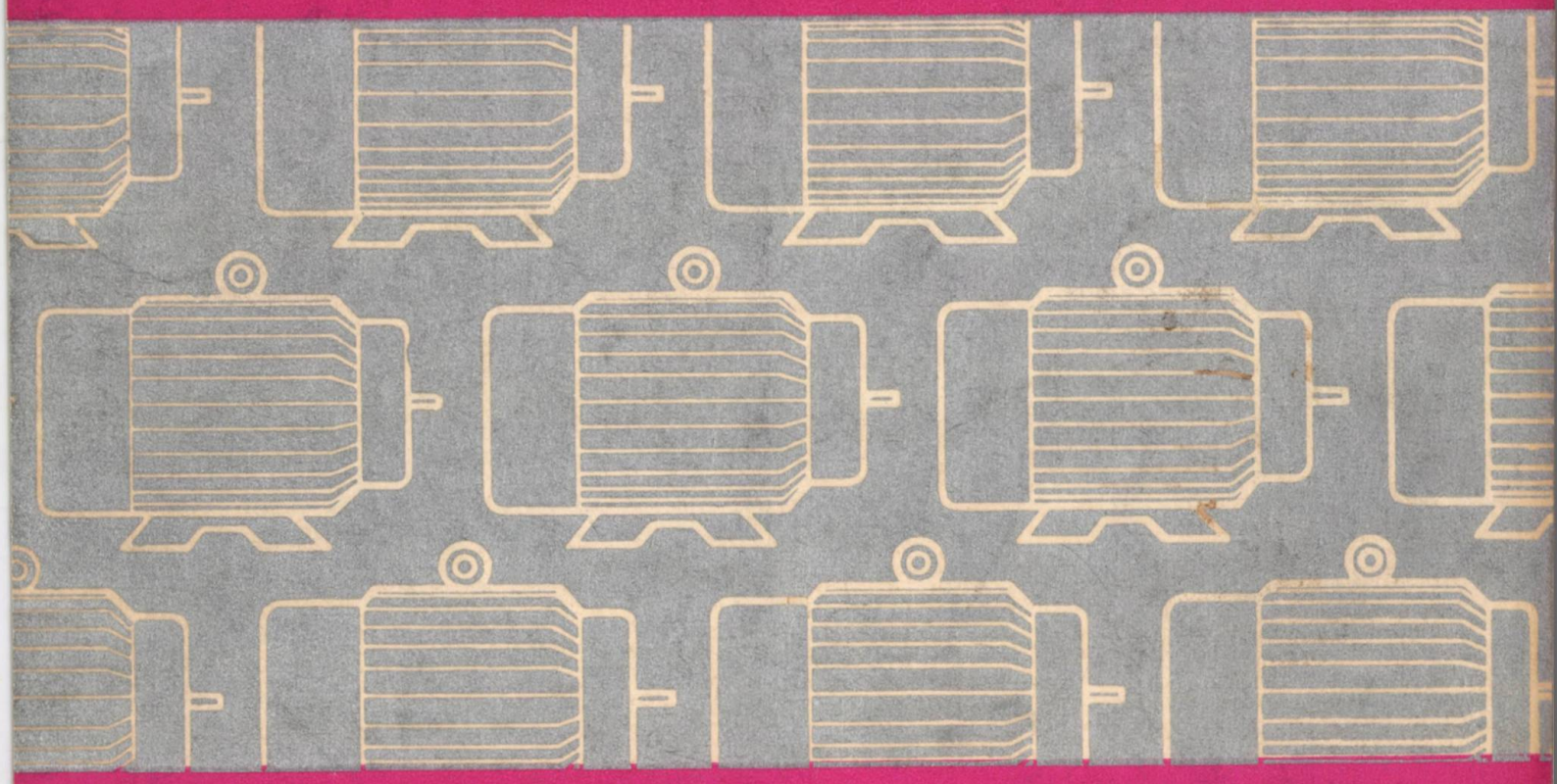
I. P. I. — c. 3291

E 2040

REFERÁLVA

R

ELECTROTEHNICA

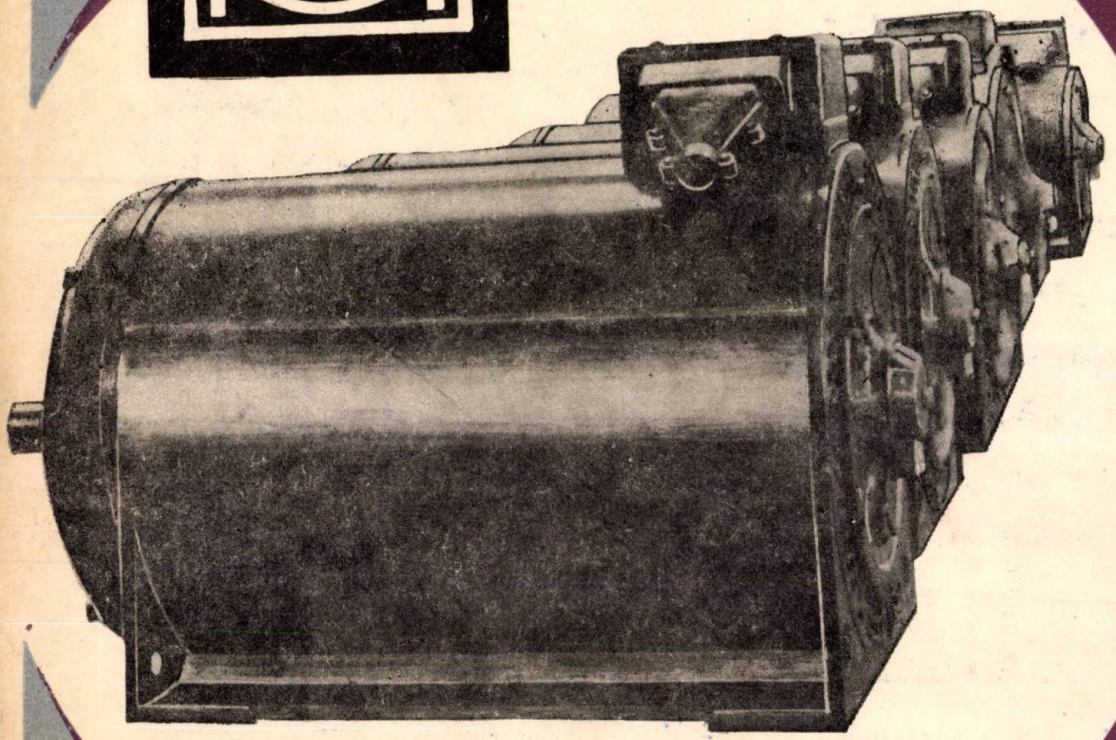


ELECTROTEHNICA ● BUCUREŞTI ● ANUL 12 ● NR. 11 ● PAGINA 385 — 424 ● NOIEMBRIE 1965

11

MOTOARE ASINCRONE ANTIEXPLOZIVE

— cu siguranță mărită, simbol Ex s — III G 3
— cutia inelelor capsulată, rezistentă la presiune
— tip MUF, MUS — Ex
— 100 — 1000 kW; 750—1500 rot min; 6 kV



livrează

UZINELE

Electroputere

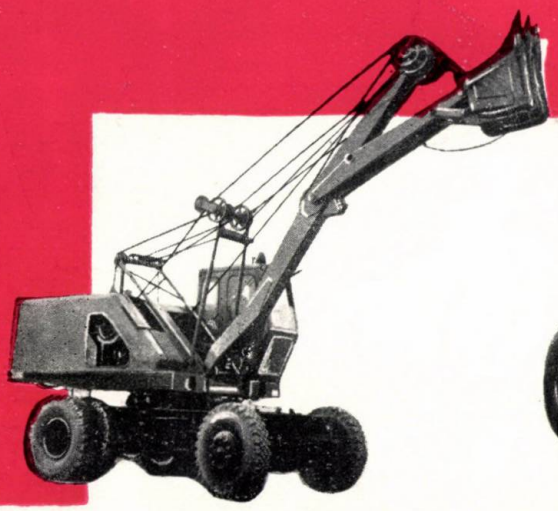
CRAIOVA

UZINA DE UTILAJ GREU

produce:

Excavatoare pe pneuri ● Rulouri pe valţuri sau pneuri ● Echipamente pentru tractoare: buldozere. scarificatoare, defrişetoare, greble, trolii ● Utilaj chimic şi petrolier ● Concasoare cu fălci, stabile sau mobile, cu ciocane sau valţuri ● Mori cu masă rotativă sau bile ● Utilaje pentru linii ceramice ● Prese pentru cărămizi şi ţigle

Vagoane siderurgice ● Melanjoare ● Cilindri şi caje ● Maşini de sfărîmat şi brichetat aşchii ● Foarfece de tăiat tagle şi platine ● Linii de aglomerare ● Maşini de extracţie ● Prese mecanice pentru matriţat, ştanţat, debavurat şi ambutisat ● Osii montate pentru vagoane de cale ferată



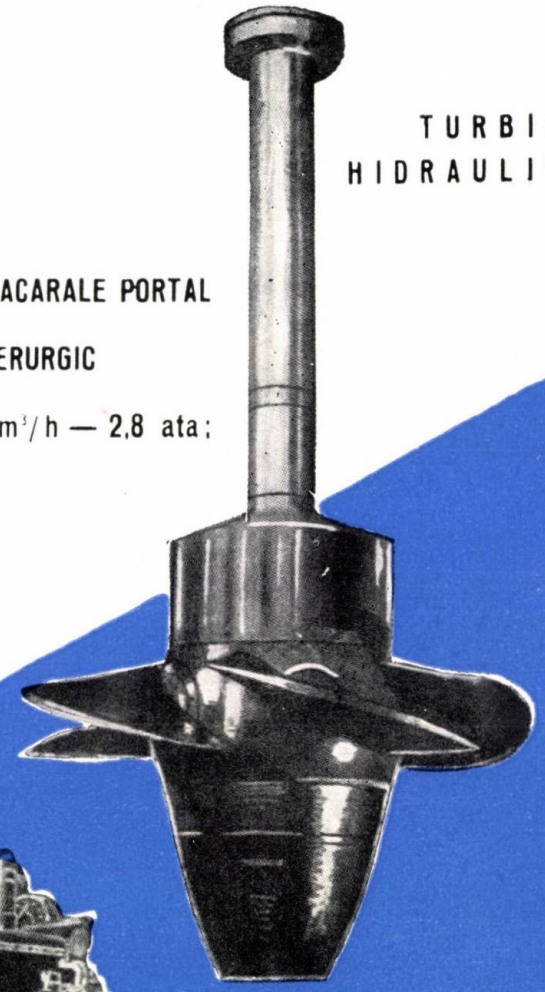
PROGRESUL

BRĂILA

Uzina de construcții de mașini

RESITA

TURBINE HIDRAULICE

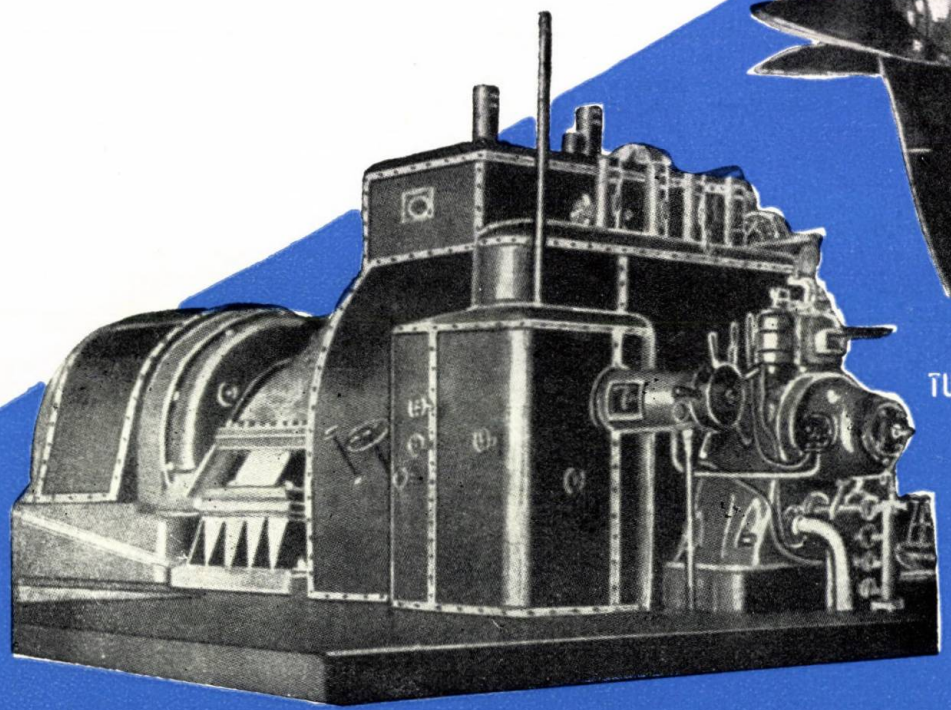


TURBOGENERATOARE • HIDROGENERATOARE

MOTOARE ELECTRICE peste 500 kW • PODURI RULANTE ȘI MACARALE PORTAL

UTILAJ CHIMIC • UTILAJ HIDROENERGETIC • UTILAJ SIDERURGIC

TURBOSUFLANTE 15 000 Nm^3/h — 3 m col. apă; 90 000 Nm^3/h — 2,8 ata;
140 000 Nm^3/h — 3,5 ata.



TURBINE cu ABUR pînă la 50 MW

— cu condensație
— cu priză
— cu contrapresiune

ELECTROTEHNICA

Anul 13 nr. 11 noiembrie 1965

CUPRINS

CZ 621.316.11.016.313.001.24

Potolea, E.: **Ecuaţiile reţelelor electrice trifazate în regim nesimetric.**

Electrotehnica **13**, nr. 11 nov 1965, p. 385–393

Se prezintă o metodă generală de calcul al reţelelor electrice trifazate nesimetrice, care, prin utilizarea coordonatelor simetrice, se reduce la o metodă generală de calcul al unor sisteme simetrice.

CZ 621 3.066.6: 621.315.53.004.5

Goldimberg, S.: **Contribuţii la îmbunătăţirea contactelor electrice realizate cu căi de curent din aluminiu.**

Electrotehnica **13**, nr. 11, nov 1965, p. 393–400

Se prezintă avantajele şi dezavantajele folosirii aluminiului în industria electrotehnică, metodele de îmbinare a conductoarelor din cupru cu cele din aluminiu şi a conductoarelor din aluminiu între ele.

CZ 621.316.573–064.241.001.4

Gujbă, M.: **Încercări de contactoare în aer de curent alternativ.**

Electrotehnica **13**, nr. 11, nov 1965, p. 401–408

Se recomandă soluţii practice de construcţie a contactoarelor pe baza verificărilor de laborator efectuate asupra mai multor tipuri de contactoare fabricate atît în ţara noastră, cît şi în alte ţări.

CZ 620. 193.7: 621.54; 621.313.2

Bernfeld, D.: **Alimentarea cu ajutorul generatoarelor electroeoliene a staţiilor de protecţie catodică a conductelor magistrale împotriva coroziunii.**

Electrotehnica **13**, nr. 11, nov 1965, p. 409–416

Se propune folosirea surselor electroeoliene pentru alimentarea instalaţiilor de protecţie catodică clasică a conductelor magistrale.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

CZ 621.316.925.42/45: 621.314.65

Radu, I. şi *Brill, A.*: **Despre protecţia aparatelor electrice de măsură folosind dispozitivele semiconductoare.**

Electrotehnica, **13**, nr. 11, nov 1965, p. 416–420

Se expun posibilităţile de protecţie la supracurenţi ale instrumentelor de curent cu ajutorul diodelor-tunel, cum şi protecţia la supratensiuni a voltmetrelor folosind diodele Zener. Se arată principiile de funcţionare a montajelor date, cum şi principiile şi criteriile de calculare a acestora. Se face o comparaţie cu celelalte metode de protecţie, relevîndu-se avantajele montajelor cu semiconductoare.

RECENZII 421–422

REFERATE 422–423

SCURTE ŞTIRI 424

Abonați-vă la reviste:
CONSTRUCȚIA DE MAȘINI
ELECTROTEHNICA
AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.316.11.016.313.001.24

Потоля, Е.: **Уравнения трехфазных электрических сетей в несимметричном режиме.**

Electrotehnica 13, № 11, ноябрь 1965, стр. 385–392

Описывается общий метод расчета несимметричных трехфазных электрических сетей, с помощью которого благодаря применению симметричных координат он сводится к общему методу расчета симметричных симтем.

ДК 621.3.066.6 ;612.315.53.004.5

Гольдимберг С.: **К вопросу усовершенствования электрических контактов с алюминевыми проводниками.**

Electrotehnica 13, № 11, ноябрь 1965, стр. 493–400

Представлены преимущества и недостатки использования алюминия в электротехнической промышленности, методы соединения медных проводников с алюминевыми и алюминевых проводников между собой.

ДК 621.316.573–064.241.001.4

Гужбэ, М.: **Испытание воздушных контакторов переменного тока.**

Electrotehnica 13, № 11, ноябрь 1965, стр. 401–408

Рекомендуются практические конструктивные решения контакторов на основе лабораторных испытаний нескольких типов контакторов, выпускаемых в Румынии и за рубежом.

ДК 620.193.7 ;621.54 ;621.313.2

Бернфельд, Д.: **Питание станций противокоррозонной катодной защиты магистральных трубопроводов электроветровыми генераторами.**

Electrotehnica 13, № 11, ноябрь 1965, стр. 409–416

Предлагается использование электроветровых источников для питания установок катодной защиты магистральных трубопроводов.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 261.316.925.42/45 ;621.314.63

Раду, И. и *Брилль, А:* **О защите электроизмерительных аппаратов с помощью полупроводниковых приспособлений.**

Eletrotehnica 13, № 11, ноябрь 1965, стр. 416–420

Рассматриваются возможности защиты против сверхтоков электрических приборов с помощью тоннельных диодов, а также защиты вольтметров против сверхнапряжения, путем использования диодов Зенера. Показаны принципы работы данных схем, а также принципы и критерии их расчета. Проводится сравнение с другими защитными методами, причем подчеркиваются преимущества полупроводниковых схем.

РЕЦЕНЗИИ 421–422

РЕФЕРАТЫ 422–423

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ 424

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.316.11.016.313.001.24

Pololea, E.: **Die Gleichungen der Drehstromnetze in nichtsymetrischen Verhältnissen.**

Electrotehnica **13**, nr. 11, Nov. 1965, S. 385–393

Es wird ein allgemeines Berechnungsverfahren der nichtsymetrischen Drehstromnetze dargelegt, das durch die Anwendung der symetrischen Koordonate zu einem allgemeinen Berechnungsverfahren symetrischer Systeme vereinfacht wird.

DK 621.3.066.6 ;621.315.53.004.5

Goldimberg, S.: **Beiträge zur Verbesserung der elektrischen Kontaktgeber mit Hilfe von Aluminiumleitern.**

Electrotehnica **13**, nr. 11 Nov. 1965, S. 393–400

Es werden die Vor-und Nachteile der Verwendung des Aluminiums in der elektrotechnischen Industrie, die Verfahren zur Verbindung von Kupfer-und Aluminiumleitern und der Aluminiumschützen untereinander dargelegt.

DK 621.316.5 73–064.241.001.4

Gujbă, A.: **Prüfung der Fre[illegible]ngs-Wechselstromkontaktgeber.**

Electrotehnica, **13**, nr. 11, Nov. 1965, S. 401–408

Es werden praktische Fertigungslösungen für Kontaktgeber auf Grund von Laborprüfungen mehrerer in — und ausländischer Kontaktgebertypen empfohlen.

DK 620.193.7: 621.54:621.313.2

Bernfeld, D.: **Speisung mit Hilfe von Windkraftanlagen der kathodischen Schutzvorrichtungen der Überlandleitungen gegen Korrosion.**

Electrotehnica **13**, nr. 11, Nov. 1965. S. 409–416

Es wird vorgeschlagen, die Windkraft für die Stromversorgung der gebräuchlichen kathodischen Schutzanlagen von Überlandleitungen zu verwenden.

FÜR DEN JUNGINGENIEUR

DK 621.316.925.42/45 ;621.314.63

Radu, I. und *Brill, A.*: **Über den Schutz elektrischer Messapparate mit Hilfe von Halbleitervorrichtungen.**

Electrotehnica **13**, nr. 11, Nov. 1965, S. 416–420

Es werden die Möglichkeiten für den Schutz der Strommesser gegen Überspannung mit Hilfe von Tunneldioden und den Schutz der Voltmeter gegen Überspannung mit Hilfe von Zenerdioden dargelegt. Die Verfasser beschreiben die Betriebsprinzipien der angeführten Schaltungen sowie die Berechnungsprinzipien und — kriterien derselben. Es wird ein Vergleich mit anderen Entwurfsverfahren gezogen und die Vorteile der Halbleiterschaltungen unterstrichen.

BUCHBESPRECHUNGEN 421–422

REFERATE 422–423

KURZNACHRICHTEN 424

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

Anul 13 nr. 11 București, noiembrie 1965

Ecuațiile rețelelor electrice trifazate în regim nesimetric

Eugen Potolea * — București

CZ 621.316.11.016.313.001.24

Studiul regimurilor nesimetrice din rețelele electrice trifazate ale sistemelor electroenergetice face obiectul multor lucrări de specialitate. Sînt binecunoscute metodele de calcul cu ajutorul schemelor echivalente, construite pentru sistemul de componente simetrice sau pentru alte sisteme de componente.

În metodele menționate se construiesc întîi schemele echivalente ale unor nesimetrii simple, care se introduc apoi la locurile nesimetriilor din rețea, obținîndu-se astfel schema echivalentă a rețelei în regim nesimetric. Schema echivalentă se studiază cu ajutorul teoremelor lui Kirchhoff și se obțin relații de calcul, aplicabile pentru fiecare din cazurile concrete luate în considerare. Relațiile de calcul se dau uneori sub formă de tabele pentru diferite configurații de rețele și în funcție de locul și forma nesimetriilor care afectează diferite faze.

Lucrarea de față urmărește două obiective principale : a) obținerea unor ecuații generale pentru studiul regimurilor nesimetrice, fără a preciza de la început locul și forma nesimetriilor, și b) rezolvarea ecuațiilor de funcționare prin metodele cele mai comode pentru calculele practice.

Rețelele trifazate din sistemele electroenergetice sînt caracterizate prin două categorii de informații: *caracteristicile de material*, date prin matricele de impedanțe, de admitanțe și de tensiuni electromotoare din metoda componentelor simetrice, și *caracteristicile topologice*, date prin matricea de incidență a laturilor cu nodurile grafului corespunzător rețelelor fictive din metoda componentelor simetrice.

Ecuațiile de funcționare ale rețelei sînt împărțite în două categorii : *ecuații de material*, în care nu intervin caracteristicile topologice, și *ecuații topologice*, în care nu intervin caracteristicile de material. Ecuațiile de material, constituite din ecuațiile de funcționare ale laturilor și ale nodurilor, se scriu admițînd că în unele laturi sînt induse tensiuni nesimetrice $\|\underline{\Delta V}\|$, iar la unele noduri sînt ejectați curenți nesimetrici $\|\underline{\Delta I}\|$.

Ecuațiile topologice se scriu cu ajutorul matricei de incidență $\|A\|$ în vederea aplicării metodei potențialelor la noduri, și cu ajutorul matricelor $\|B\|$ și $\|D\|$ în vederea aplicării metodei curenților ciclici.

Se arată că ecuațiile topologice nu pot fi scrise numai cu ajutorul matricei $\|B\|$, deoarece aceasta nu determină toate caracteristicile topologice ale grafului. În completarea informațiilor oferite de matricea $\|B\|$ se definește matricea $\|D\|$ și se indică regula pentru scrierea ei prin examinarea grafului.

Noua matrice de incidență $\|D\|$ s-a dovedit deosebit de utilă la calculul matricelor inverse $\|Y_n\|^{-1}$ și $\|Z_c\|^{-1}$. S-au stabilit relații care permit calculul matricelor $\|Y_n\|^{-1}$ și $\|Z_c\|^{-1}$, una în funcție de cealaltă. Aceste relații se aplică și la calculul matricelor inverse pentru rețelele care se extind prin adăugarea de noi laturi coarde și de noi laturi arbore.

Relațiile dintre matricele inverse au fost stabilite pentru o rețea monofazată la fel ca și soluțiile ecuațiilor de funcționare. Aceste relații pot fi folosite la studiul regimurilor nesimetrice din rețelele trifazate, așa cum se va arăta într-un articol viitor.

1. Considerații generale

La studiul regimurilor de funcționare ale unui sistem electric sînt necesare două categorii de informații referitoare la rețeaua electrică.

Prima categorie de informații se referă la caracteristicile de material ale elementelor separate din care este constituită rețeaua electrică. Asemenea caracteristici de material sînt impedanțele sau admitanțele și sursele de tensiune sau sursele de curent.

A doua categorie de informații se referă la caracteristicile topologice ale schemei de conexiuni sau, mai precis, la caracteristicile topologice ale schemei echivalente de calcul.

* Cd. șt. tehn. ing. *E. Potolea* este conferențiar la Institutul politehnic „Gh. Gheorghiu-Dej" din București, catedra „Rețele electrice".

Caracteristicile de material și caracteristicile topologice prezintă unele particularități în cazul rețelelor trifazate din sistemele electrice pentru transportul și distribuția energiei electrice. Precizarea acestor particularități este deosebit de importantă, dat fiind că ele determină particularitățile ecuațiilor de funcționare și ale metodelor de calcul.

1.1. Particularitățile rețelelor trifazate

Este necesar să se precizeze două categorii de particularități ale rețelelor trifazate, dintre care una se referă la caracteristicile de material, iar alta la caracteristicile topologice.

Caracteristicile de material ale rețelelor trifazate prezintă două particularități :

— elementele trifazate ale rețelei sînt de construcție simetrică pe cele trei faze ;

— între elementele trifazate diferite ale rețelei nu acționează cuplaje magnetice și electrice.

Datorită particularităților menționate există posibilitatea ca fiecare element trifazat simetric să fie reprezentat prin trei rețele fictive independente, construite în metoda componentelor simetrice. La studiul regimurilor simetrice intervin numai schemele de succesiune directă, iar la studiul regimurilor nesimetrice intervin și schemele de succesiune inversă și homopolară.

Caracteristicile topologice sînt determinate de schema de conexiuni a rețelei trifazate, conform căreia toate elementele active, generatoare și consumatoare, sînt conectate la nodurile unei rețele pasive (fig. 1, *a*). Datorită acestei particularități există posibilitatea ca în schema echivalentă (fig. 1, *b*) să se separe două componente principale : *rețeaua activă* a generatoarelor și consumatoarelor și *rețeaua pasivă* a liniilor și transformatoarelor.

Rețeaua activă este întotdeauna o rețea radială, în formă de stea, avînd nodul comun reprezentat de pămîntul fictiv al schemei de calcul. Fiecare latură a stelei conține una sau două ramuri (arcuri) în paralel, corespunzătoare circuitelor generatoarelor și consumatoarelor.

Rețeaua pasivă este, în general, o rețea buclată, în care se disting două categorii de laturi : longitudinale și transversale.

În construcția rețelelor electrice se urmărește realizarea unor impedanțe cît mai mici pentru laturile longitudinale și a unor admitanțe cît mai mici pentru laturile transversale. În aceste condiții, potențialele nodurilor, față de pămîntul fictiv, se mențin la valori apropiate, iar curenții transversali, derivați prin admitanțe, au valori relativ mici.

1.2. Caracteristicile de material

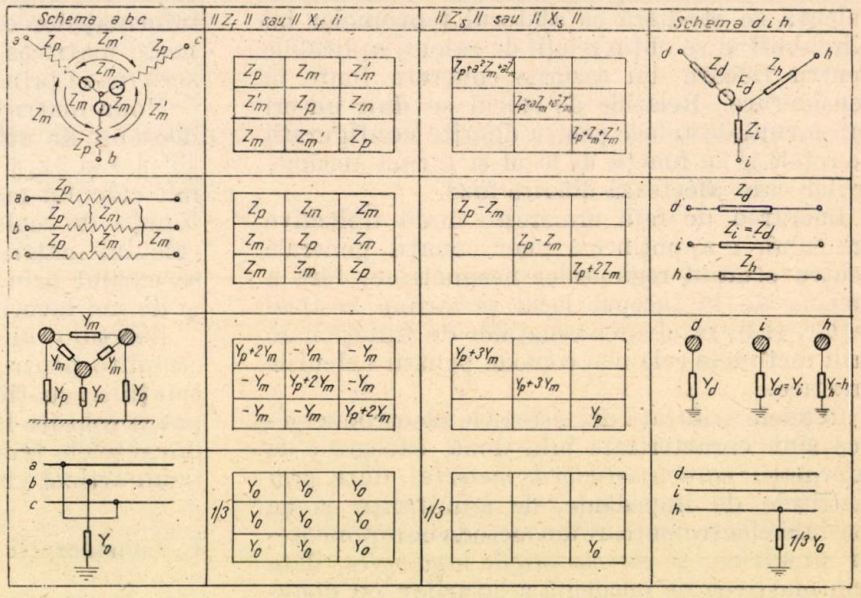
Se consideră două elemente trifazate ale rețelei pasive : un element longitudinal, caracterizat prin impedanțe proprii și mutuale, și un element transversal, caracterizat prin admitanțe proprii și mutuale. Se exprimă căderile de tensiune ΔV_f pe fazele elementului longitudinal și curenții ΔI_f derivați de la nodurile fazelor în elementul transversal :

$$\| \underline{\Delta V}_f \| = \| \underline{Z}_f \| \, \| \underline{I}_f \|$$

$$\| \underline{\Delta I}_f \| = \| \underline{Y}_f \| \, \| \underline{V}_f \|. \qquad (1)$$

Matricele coloane $\| \underline{\Delta V}_f \|$, $\| \underline{\Delta I}_f \|$ și $\| \underline{V}_f \| \, \| \underline{I}_f \|$ corespund unor vectori din spațiul convențional al fazelor *a*, *b*, *c*, iar matricele pătrate $\| \underline{Z}_f \|$ și $\| \underline{Y}_f \|$ reprezintă caracteristicile de material ale celor două elemente trifazate. Impedanțele din matricea $\| \underline{Z}_f \|$ sînt definite în mod convențional, admițînd că circuitele de fază se închid printr-un conductor fictiv de impedanță nulă.

Schema și matricele elementelor simetrice din rețele trifazate — Tabela 1



În tabela 1 sînt date matricele $\| \underline{Z}_f \|$ și $\| \underline{Y}_f \|$ pentru elementele trifazate simetrice. Se constată că matricele $\| \underline{Z}_f \|$ și $\| \underline{Y}_f \|$ ale elementelor simetrice sînt în general pline, fapt care constituie o dificultate în calculul regimurilor de funcționare. Calculul rețelelor simetrice se simplifică prin folosirea componentelor simetrice definite de relația :

$$\| \underline{M}_s \| = \frac{1}{3} \| C_s \| \, \| \underline{M}_f \|, \qquad (2)$$

în care matricele $\|\underline{M}_s\|$ și $\|\underline{M}_f\|$ corespund vectorilor convenționali din spațiul cu trei dimensiuni:

$$\begin{aligned} \overline{M}_f &= (\underline{M}_a,\ \underline{M}_b,\ \underline{M}_c) \\ \overline{M}_s &= (\underline{M}_d,\ \underline{M}_i,\ \underline{M}_h). \end{aligned} \tag{3}$$

Matricea de conexiune $\|C_s\|$ dintre componentele fazelor (a, b, c) și componentele simetrice (d, i, h) se exprimă cu ajutorul operatorului de rotație $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$:

$$\|C_s\| = \begin{vmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = 3\,\|C_s^*\|^{-1}, \tag{4}$$

în care asteriscul se referă la mărimea complex conjugată.

Realizînd transformarea funcțională (3) a componentelor $\underline{\Delta V}_f$, $\underline{\Delta I}_f$, $\underline{I}_f$ și $\underline{V}_f$, se obține în locul relațiilor (1):

$$\begin{aligned} \|\underline{\Delta V}_s\| &= \|\underline{Z}_s\|\,\|\underline{I}_s\| \\ \|\underline{\Delta I}_s\| &= \|\underline{Y}_s\|\,\|\underline{V}_s\|, \end{aligned} \tag{5}$$

cu notațiile:

$$\begin{aligned} \|\underline{Z}_s\| &= \frac{1}{3}\,\|C_s\|\,\|\underline{Z}_f\|\,\|C_s\|_t^* \\ \|\underline{Y}_s\| &= \frac{1}{3}\,\|C_s\|\,\|\underline{Y}_f\|\,\|C_s\|_t^*. \end{aligned} \tag{6}$$

Matricele $\|\underline{Z}_s\|$ și $\|\underline{Y}_s\|$ reprezintă caracteristicile de material ale elementelor trifazate în metoda componentelor simetrice.

Din tabela 1 se constată că matricele $\|\underline{Z}_s\|$ și $\|\underline{Y}_s\|$ pentru elementele trifazate simetrice sînt diagonale, fapt care constituie avantajul esențial al metodei componentelor simetrice.

Tot în tabela 1 sînt prezentate schemele și matricele corespunzătoare conectării unei impedanțe sau admitanțe între neutrul rețelei și pămînt. Acest element trebuie considerat simetric pentru rețeaua trifazată și intervine în cazul tratării neutrului la transformatoare.

În cele ce urmează se va considera că rețeaua trifazată este simetrică cu excepția unor elemente nesimetrice pasive, care se introduc în unele laturi longitudinale sau la unele noduri. Nesimetriile longitudinale, caracterizate prin matricea $\|Z_s\|$, vor fi numite nesimetrii de impedanțe, iar nesimetriile transversale, caracterizate prin matricea $\|Y_s\|$, vor fi numite nesimetrii de admitanțe.

1.3. Caracteristicile topologice

Se consideră schema monofilară de conexiuni a unei rețele trifazate simetrice (fig. 1), în care se introduc două elemente nesimetrice, unul longitudinal K_1 și altul transversal K_2. Se construiesc schemele fictive din metoda componentelor d, i, h, pentru toate elementele simetrice și se conectează între ele, conform schemei monofilare de conexiune. Se obțin schemele

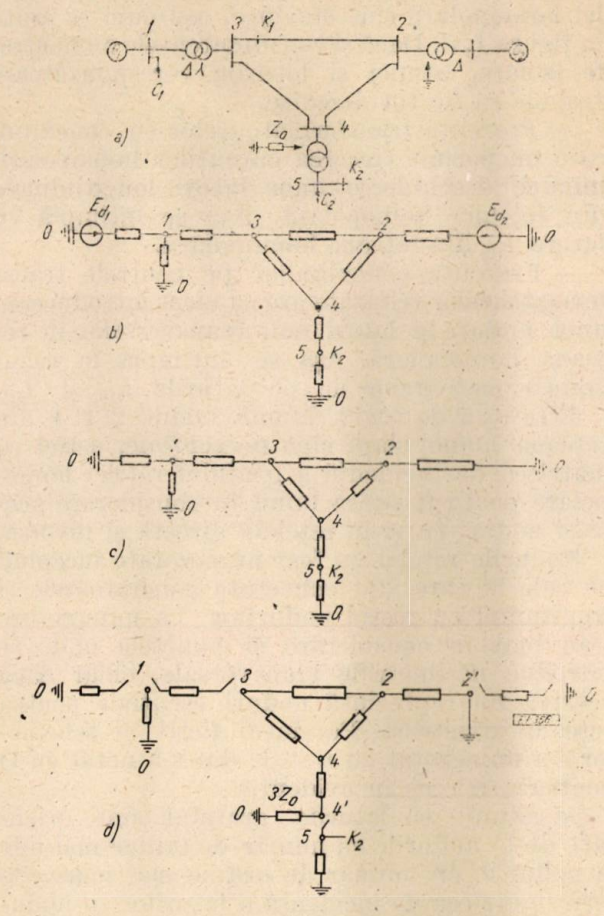


Fig. 1. Schemele unei rețele electrice:
a) schema monofilară de conexiuni; b) rețeaua directă; c) rețeaua inversă; d) rețeaua homopolară.

rețelelor fictive de succesiune directă inversă și homopolară, așa cum se arată în figura 1 (b, c, d), în care s-au marcat cu K_1 și K_2 locurile unde urmează să se introducă elementele nesimetrice.

Avînd în vedere studiul unor nesimetrii de forma scurtcircuitelor la nodurile rețelei, se admite reprezentarea consumatoarelor prin impedanțe sau admitanțe constante. Pentru a simplifica schema de calcul se concentrează la nodurile rețelei toate admitanțele liniilor și transformatoarelor. În schemele din figura 1 aceste admitanțe au fost neglijate pentru a reduce astfel numărul laturilor transversale.

Examinînd schemele rețelelor fictive din figura 1 se constată că schemele de succesiune directă și inversă sînt asemănătoare, cu deosebirea că în rețeaua inversă nu intervin tensiuni electromotoare.

Schema rețelei homopolare diferă de schemele rețelelor directă și inversă din următoarele considerente :

— Generatoarele au neutrele izolate și, de aceea, nu este posibilă circulația curenților homopolari. Laturile corespunzătoare ale rețelei homopolare sînt deschise, așa cum se arată în figura 1, *d*. Dacă și consumatoarele au neutrele izolate, atunci și laturile corespunzătoare trebuie să fie tot deschise.

— Prezența transformatoarelor cu conexiuni care nu permit trecerea curenților homopolari, impune deschiderea unor laturi longitudinale din rețeaua homopolară. Așa se întîmplă cu latura L_{13} din rețeaua homopolară.

— Prezența conexiunilor pe neutrele transformatoarelor trifazate are ca efect introducerea unor noduri și laturi noi, transversale, în rețeaua homopolară. Așa se întîmplă în cazul transformatoarelor de pe laturile L_{10} și L_{45}.

Este ușor de văzut că noile noduri $2'$ și $4'$ din rețeaua homopolară sînt neesențiale, astfel că matricea de incidență a grafului rețelei homopolare poate fi scrisă luînd în considerare aceleași noduri ca și în rețelele directă și inversă.

Nodurile rețelei au fost numerotate începînd cu cele la care sînt conectate generatoarele și continuînd cu restul nodurilor. La numerotare s-au luat în considerare și punctele unde se introduc nesimetriile transversale, chiar dacă acestea nu reprezintă noduri esențiale pentru rețeaua simetrică. Pămîntul fictiv al schemelor s-a numerotat cu $n+1$, dar s-a notat cu O pentru a fi scos în evidență.

Se admite că laturile grafului sînt orientate de la nodurile cu număr de ordine mai mic la nodurile cu număr de ordine mai mare. Se scrie matricea de incidență a laturilor cu nodurile aranjînd coloanele matricei în ordinea laturilor arbore și a laturilor coarde.

Se scriu următoarele matrice de incidență pentru grafurile rețelelor fictive din figura 1 :

$\|A_d\| =$

	L_{13}	L_{23}	L_{34}	L_{45}	L_{50}	L_{10}	L_{24}	G_{10}	G_{20}
1	1					1		1	
2		1					1		1
3	−1	−1	1						
4			−1	1			−1		
5				−1	1				

$= \|A_i\|$

$\|A_h\| =$

	L_{13}	L_{23}	L_{34}	L_{40}	L_{50}	L_{10}	L_{24}	G_{10}	G_{20}
1						1			
2		1					1		1
3		−1	1						
4			−1	1			−1		
5					1				

Grafurile rețelelor fictive au un nod comun O și pot fi considerate ca subgrafuri ale unui graf general. Matricea de incidență a grafului general poate fi scrisă aranjînd coloanele și rîndurile în ordinea laturilor și nodurilor rețelelor fictive :

$\|A\| = N_1$ / N_2

		L_{13} d	L_{13} i	L_{13} h	L_{23} d	L_{23} i	L_{23} h
N_1	d	1					
	i		1				
	h						
N_2	d				1		
	i					1	
	h						1

(7)

Submatricele de ordinul 3 din matricea $\|A\|$ pot avea două forme distincte, care se notează după cum urmează :

$1^3 =$

	d	i	h
d			
i		1	
h			1

$1^2 =$

	d	i	h
d	1		
i		1	
h			

(8)

Folosind notațiile (8), se scrie matricea de incidență a grafului general sub forma :

$\|A\| =$

	L_{13}	L_{23}	L_{34}	L_{45}	L_{50}	L_{10}	L_{24}	G_{10}	G'_{20}
1	1^2					1^3		1^2	
2		1^3					1^3		1^3
3	-1^2	-1^3	1^3						
4			-1^3	1^3			-1^3		
5				-1^3	1^3				

(9)

Matricea $\|A\|$ poate fi scrisă direct observînd că submatricea 1^2 intervine numai atunci cînd la nodul considerat nu este incidentă latura corespunzătoare din rețeaua homopolară.

Pentru laturile de forma L_{13} se folosesc matricele 1^2 și -1^2; pentru laturile de forma L'_{45} se folosesc matricele 1^3 și -1^3; pentru laturile de forma G_{10} se folosește matricea 1^1. La calculul regimului de funcționare va trebui să se țină seamă de faptul că curenții homopolari sînt limitați pe porțiunea $44'$ a laturii L'_{45} și pe porțiunea $22'$ a laturii G'_{20}.

Avînd în vedere rezolvarea ecuațiilor de funcționare cu metoda curenților ciclici, se scriu și matricele de incidență $\| B \|$ și $\| D \|$:

$$\| B \| = \left| \begin{array}{c|c} \| B_1 \| & \| U_2 \| \end{array} \right| \qquad \| D \| = \left| \begin{array}{c|c} \| D_1 \| & \| O_2 \| \end{array} \right| \tag{10}$$

în care $\| U_2 \|$ este matricea unitate corespunzătoare laturilor coarde, iar $\| O_2 \|$ este matricea zero corespunzătoare laturilor coarde.

Matricea $\| B \|$ se scrie examinînd ciclurile independente formate din laturile coarde și laturile corespunzătoare ale arborelui. Dacă latura considerată face parte dintr-un ciclu deschis în rețeaua homopolară, atunci se folosește submatricea 1^2 în locul submatricei 1^3.

$$\| B \| = \begin{array}{c|cccccccc} & L_{13} & L_{23} & L_{34} & L_{45} & L_{50} & L_{10} & L_{24} & G_{10} & G_{20} \\ \hline L_{10} & -1^2 & & -1^2 & -1^2 & 1-^2 & 1^2 & & & \\ L_{24} & & -1^3 & -1^3 & & & & 1^3 & & \\ G_{10} & -1^2 & & -1^2 & -1^2 & -1^2 & & & 1^2 & \\ G_{20} & & -1^3 & -1^3 & -1^3 & -1^3 & & & & 1^2 \end{array} \tag{11}$$

Matricea $\| D_1 \|$ se scrie examinînd ciclurile formate din coardele curenților la noduri și laturile corespunzătoare ale arborelui :

$$\| D_1 \| = \begin{array}{c|ccccc} & L_{13} & L_{23} & L_{34} & L_{45} & L_{50} \\ \hline 1 & 1^2 & & 1^2 & 1^2 & 1^2 \\ 2 & & 1^3 & 1^3 & 1^3 & 1^3 \\ 3 & & & 1^3 & 1^3 & 1^3 \\ 4 & & & & 1^3 & 1^3 \\ 5 & & & & & 1^3 \end{array} \tag{12}$$

În afara caracteristicilor topologice ale rețelei simetrice este necesar să fie cunoscute două matrice de corespondență $\| L \|$ și $\| T \|$ ale nesimetriilor longitudinale și transversale.

Matricea $\| L \|$ are rîndurile aranjate în ordinea coloanelor din matricea $\| A \|$, iar coloanele, în ordinea nesimetriilor longitudinale, numerotate de la 1 la l. Căsuțele de ordinul trei se completează cu 1^3 sau 0^3, după cum latura de pe rînd este afectată sau nu de nesimetria de pe coloană.

Matricea $\| T \|$ are rîndurile aranjate în ordinea rîndurilor matricei $\| A \|$, iar coloanele, în ordinea nesimetriilor transversale, numerotate independent de la 1 la t. Căsuțele de ordinul trei ale matricei se completează cu 1^3 sau 0, după cum nodul de pe rînd este afectat sau nu de nesimetria de pe coloană.

Pentru rețeaua din figura 1 se obțin următoarele matrice de corespondență :

$$\| L \|_t = N_{l1} \left| \begin{array}{ccccccccc} L_{13} & L_{23} & L_{34} & L_{45} & L_{50} & L_{10} & L_{24} & G_{10} & G_{20} \\ & 1^3 & & & & & & & \end{array} \right|$$

$$\| T \|_t = N_{t1} \left| \begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ & & & & 1^3 \end{array} \right|$$

2. Ecuațiile de funcționare

Se scriu ecuațiile de funcționare ale rețelei trifazate la fel ca în cazul rețelei monofazate, cu observația că toate matricele care intervin sînt formate din submatricea de ordinul trei. Se folosește metoda componentelor simetrice, astfel că submatricele menționate corespund celor trei rețele fictive de succesiune directă, inversă și homopolară.

Se împart ecuațiile de funcționare în două categorii : *ecuații de material*, care sînt independente de caracteristicile topologice ale rețelei, și *ecuații topologice*, în care nu intervin caracteristicile de material.

2.1. Ecuațiile de material

Ecuațiile de material sînt constituite din ecuațiile de funcționare ale laturilor și nodurilor rețelei. Se admite că în laturi sînt incluse tensiuni electromotoare simetrice și elemente nesimetrice de impedanțe, iar la noduri sînt conectate elemente nesimetrice de admitanțe.

$$\begin{aligned} \| \underline{Z} \| \| \underline{I} \| + \| \underline{\Delta V_k} \| + \| \underline{V} \| &= \| \underline{E} \| \\ \| \underline{I_n} \| &= - \| \underline{\Delta I_k} \|. \end{aligned} \tag{13}$$

Matricele $\| \underline{Z} \|$ și $\| \underline{E} \|$ corespund elementelor simetrice ale rețelei, iar $\| \underline{\Delta V_k} \|$ și $\| \underline{\Delta I_k} \|$ corespund elementelor nesimetrice longitudinale și transversale.

Tensiunile $\underline{V}$ la bornele laturilor sînt asociate cu sensurile curenților din laturi $\underline{I}$ după regula de la generatoare, adică sînt de sensuri contrare curenților. Curenții $\underline{I_n}$ la nodurile rețelei sînt considerați injectați, iar curenții $\underline{\Delta I_k}$ sînt ejectați.

Matricele $\| \underline{\Delta V_k} \|$ și $\| \underline{\Delta I_k} \|$ conțin componente pentru toate laturile, respectiv pentru toate nodurile rețelei. Numai o parte din aceste componente sînt diferite de zero, și anume numai acelea din laturile, respectiv din nodurile în care se introduc elementele nesimetrice longitudinale și transversale. Ținînd seamă de numerotarea independentă a nesimetriilor longitudinale și transversale, de la 1 la l și de la 1 la t, se scriu matricele $\| \underline{\Delta V} \|$ și $\| \underline{\Delta I} \|$ corespunzătoare acestor elemente nesimetrice și se folosesc apoi matricele de corespondență $\| L \|$ și $\| T \|$ pentru a exprima $\| \underline{\Delta V_k} \|$ și $\| \underline{\Delta I_k} \|$:

$$\begin{aligned} \| \underline{\Delta V_k} \| &= \| L \| \| \underline{\Delta V} \| \\ \| \underline{\Delta I_k} \| &= \| T \| \| \underline{\Delta I} \|. \end{aligned} \tag{14}$$

Matricele $\| \underline{\Delta V} \|$ și $\| \underline{\Delta I} \|$ sînt date de ecuațiile de funcționare a nesimetriilor, numerotate de la 1 la l și de la 1 la t:

$$\begin{aligned} \| \underline{\Delta V} \| &= \| \underline{Z}_N \| \ \| \underline{I}_N \| \\ \| \underline{\Delta I} \| &= \| \underline{Y}_N \| \ \| \underline{V}_N \| \end{aligned} \tag{15}$$

în care:

$$\begin{aligned} \| \underline{I}_N \| &= \| L \|_t \ \| \underline{I} \| \\ \| \underline{V}_N \| &= \| T \|_t \ \| \underline{V}_n \|. \end{aligned} \tag{16}$$

Matricea $\| \underline{I} \|$ corespunde cu aceea din (13), iar $\| \underline{V}_n \|$ este matricea potențialelor la noduri sau, mai exact, este matricea diferențelor de potențial dintre nodurile n ale rețelei și nodul 0, reprezentat de pămîntul fictiv al schemei de calcul.

Matricele $\| \underline{Z}_N \|$ și $\| \underline{Y}_N \|$ sînt constituite din submatrice de ordinul trei, așezate pe diagonală, care corespund elementelor nesimetrice de impedanțe și de admitanțe.

Introducînd (15) și (16) în (14) se obține:

$$\begin{aligned} \| \underline{\Delta V}_k \| &= \| \underline{Z}_L \| \ \| \underline{I} \| \\ \| \underline{\Delta I}_k \| &= \| \underline{Y}_T \| \ \| \underline{V}_n \|, \end{aligned} \tag{17}$$

cu notațiile:

$$\begin{aligned} \| \underline{Z}_L \| &= \| L \| \ \| \underline{Z}_N \| \ \| L \|_t \\ \| \underline{Y}_T \| &= \| T \| \ \| \underline{Y}_N \| \ \| T \|_t . \end{aligned} \tag{18}$$

2.2. Ecuațiile topologice

Se asociază la laturile orientate ale grafului curenții $\underline{I}$ din laturile rețelei și tensiunile $\underline{V}$ la bornele laturilor, iar la nodurile grafului se asociază curenții injectați $\underline{I}_n$ și potențialele $\underline{V}_n$, determinate față de potențialul arbitrar $\underline{V}_0 = 0$ al nodului de referință.

Relațiile dintre mărimile de stare electrică, asociate grafului, se scriu cu ajutorul matricei de incidență $\| A \|$:

$$\begin{aligned} \| A \| \ \| \underline{I} \| &= \| \underline{I}_n \| \\ \| A \|_t \ \| \underline{V}_n \| &= - \| \underline{V} \|. \end{aligned} \tag{19}$$

Prima relație din (19) corespunde cu prima teoremă a lui Kirchhoff, iar a doua relație din (19) corespunde cu teorema potențialului scalar.

Relațiile (19) formează sistemul complet de ecuații topologice, deoarece ele sînt scrise cu ajutorul matricei $\| A \|$, care caracterizează toate proprietățile topologice ale grafului rețelei. Plecînd de la aceste ecuații topologice de bază și ținînd seamă de relațiile dintre matricele de incidență $\| A \|$, $\| B \|$, $\| C \|$, $\| D \|$, se obțin ecuații topologice auxiliare pentru rezolvarea ecuațiilor de funcționare în metoda perechilor de noduri și în metoda curenților ciclici.

În cele ce urmează se va aplica metoda potențialelor la noduri, folosind ecuațiile de bază (19), și metoda curenților ciclici, folosind ecuațiile auxiliare, exprimate cu matricele $\| B \|$ și $\| D \|$.

Matricele $\| B \|$ și $\| D \|$ sînt definite de relațiile (10), în care:

$$\begin{aligned} \| B_1 \|_t &= - \| A_1 \|^{-1} \| A_2 \| = - \| D_1 \|_t \| A_2 \| \\ \| D_1 \|_t &= \| A_1 \|^{-1}. \end{aligned} \tag{20}$$

Ținînd seamă de (20) este ușor de verificat relațiile:

$$\begin{aligned} \| A \| \ \| B \|_t &= \mathrm{O} \\ \| A \| \ \| D \|_t = \| A_1 \| \ \| D_1 \|_t &= \| \mathrm{U}_n \|, \end{aligned} \tag{21}$$

în care $\| U_n \|$ este matricea unitate de ordin egal cu numărul nodurilor independente.

Prima relație din (19) se transformă efectuînd produsul matricial din partea stîngă a egalității:

$$\| A_1 \| \ \| I_1 \| + \| A_2 \| \ \| I_2 \| = \| I_n \| \tag{22}$$

sau ținînd seamă de (20):

$$\| I_1 \| = \| B_1 \|_t \| I_2 \| + \| D_1 \|_t \| I_n \| \tag{23}$$

Matricea $\| I \|$ va fi dată de relația:

$$\| I \| = \| B \|_t \ \| I_2 \| + \| D \|_t \| I_n \|. \tag{24}$$

A doua ecuație topologică din (19) permite stabilirea a două relații. Prima relație se obține înmulțind la stînga cu $\| B \|$, iar a doua relație se obține înmulțind la stînga cu $\| D_1 \|$:

$$\begin{aligned} \| B \| \ \| V \| &= 0 \\ \| V_n \| &= - \| D_1 \| \ \| V_1 \|. \end{aligned} \tag{25}$$

Relațiile (24) și (25) formează sistemul de ecuații topologice, exprimate cu matricele $\| B \|$ și $\| D \|$.

3. Rezolvarea ecuațiilor

În cele ce urmează se vor aplica cele două metode clasice pentru rezolvarea ecuațiilor de funcționare ale unei rețele: metoda potențialelor la noduri și metoda curenților ciclici. Pentru a simplifica demonstrațiile se admite că rețeaua este monofazată și fără impedanțe mutuale.

3.1. Metoda potențialelor la noduri

Se consideră ecuațiile de funcționare ale laturilor unei rețele monofazate scrise sub forma:

$$\| \underline{I} \| + \| \underline{Y} \| \ \| \underline{V} \| = \| \underline{Y} \| \ \| \underline{E} \|, \tag{26}$$

în care $\| \underline{Y} \|$ este inversa matricei $\| \underline{Z} \|$.

Înmulțind la stînga cu $\| A \|$ și ținînd seamă de (19) se obține din (26):

$$\| \underline{I}_n \| - \| A \| \| \underline{Y} \| \ \| A \|_t \ \| \underline{V}_n \| = \| A \| \ \| \underline{Y} \| \ \| \underline{E} \|$$

sau:

$$- \| \underline{V}_n \| = \| \underline{Y}_n \|^{-1} \| A \| \| \underline{Y} \| \| \underline{E} \| - \| \underline{Y}_n \|^{-1} \| \underline{I}_n \|, \tag{27}$$

cu notația :

$$\|\underline{Y}_n\| = \|A\| \, \|\underline{Y}\| \, \|A\|_t \, . \tag{28}$$

Matricea $\|\underline{V}_n\|$ din (27) se introduce în a doua ecuație din (19) și se obține :

$$\|\underline{V}\| = \|A\|_t \, \|\underline{Y}_n\|^{-1} \, \|A\| \, \|\underline{Y}\| \, \|\underline{E}\| - \\ - \|A\|_t \, \|\underline{Y}_n\|^{-1} \, \|\underline{I}_n\| \tag{29}$$

Matricea $\|I\|$ rezultă din (26) :

$$\|\underline{I}\| = (\|\underline{Y}\| - \|\underline{Y}\| \, \|A\|_t \, \|\underline{Y}_n\|^{-1} \, \|A\| \, \|\underline{Y}\|) \, \|E\| + \\ + \|\underline{Y}\| \, \|A\|_t \, \|\underline{Y}_n\|^{-1} \, \|I_n\|. \tag{30}$$

3. 2. Metoda curenților ciclici

Se consideră ecuațiile de funcționare ale laturilor unei rețele monofazate scrise sub forma :

$$\|\underline{Z}\| \, \|\underline{I}\| + \|\underline{V}\| = \|\underline{E}\| \tag{31}$$

Înmulțind la stînga cu $\|B\|$ și ținînd seamă de (24), se obține :

$$\|B\| \, \|\underline{Z}\| \, (\|B\|_t \, \|I_2\| + \|D\|_t \, \|I_n\|) = \|B\| \, \|E\|$$

sau :

$$\|\underline{I}_2\| = \|\underline{Z}_c\|^{-1} (\|B\| \, \|\underline{E}\| - \|B\| \, \|Z\| \, \|D\|_t \, \|I_n\|), \tag{32}$$

în care :

$$\|\underline{Z}_c\| = \|B\| \, \|\underline{Z}\| \, \|B\|_t \, . \tag{33}$$

Matricea $\|\underline{I}_2\|$ din (32) se introduce în (24) și se obține :

$$\|\underline{I}\| = \|B\|_t \, \|\underline{Z}\|_c^{-1} \, \|B\| \, \|\underline{E}\| + (\|D\|_t - \\ - \|B\|_t \, \|\underline{Z}_c\|^{-1} \, \|B\| \, \|\underline{Z}\| \, \|D\|_t) \, \|\underline{I}_n\|. \tag{34}$$

Comparînd (30) cu (34) se constată că matricea $\|\underline{I}\|$ poate fi scrisă într-o formă simplă dacă se folosesc ambele matrice inverse $\|\underline{Y}_n\|^{-1}$ și $\|\underline{Z}_c\|^{-1}$:

$$\|\underline{I}\| = \|B\|_t \, \|\underline{Z}_c\|^{-1} \, \|B\| \, \|\underline{E}\| + \\ + \|\underline{Y}\| \, \|A\|_t \, \|\underline{Y}_n\|^{-1} \, \|\underline{I}_n\|. \tag{35}$$

Relațiile (27), (29) și (35) reprezintă soluțiile ecuațiilor scrise în forma cea mai simplă. Ele vor fi folosite în continuare la calculul regimului nesimetric din rețelele trifazate.

3.3. Relații între matricele inverse

Comparînd soluțiile (30) și (34) se obțin două relații între matricele inverse $\|\underline{Y}_n\|^{-1}$ și $\|\underline{Z}_c\|^{-1}$:

$$\|\underline{Y}\| \, \|A\|_t \, \|\underline{Y}_n\|^{-1} = \|D\|_t - \\ - \|B\|_t \, \|\underline{Z}_c\|^{-1} \, \|B\| \, \|\underline{Z}\| \, \|D\|_t \\ \|B\|_t \, \|\underline{Z}_c\|^{-1} \, \|B\| = \|\underline{Y}\| - \\ - \|\underline{Y}\| \, \|A\|_t \, \|\underline{Y}\|_n\|^{-1} \|A\| \, \|\underline{Y}\|. \tag{36}$$

Prima relație din (36) se înmulțește la stînga cu $\|D\| \, \|\underline{Z}\|$ și se obține :

$$\|\underline{Y}_n\|^{-1} = \|\underline{Z}_a\| - \|\underline{Z}_a\| \, \|A_2\| \, \|\underline{Z}_c\|^{-1} \, \|A_2\|_t \, \|\underline{Z}_a\| \tag{37}$$

cu notația :

$$\|\underline{Z}_a = \|D\| \, \|\underline{Z}\| \, \|D\|_t = \|D_1\| \, \|\underline{Z}_1\| \, \|D_1\|_t \, . \tag{38}$$

Pentru a transforma a doua ecuație din (36) se folosește matricea $\|D'\|$:

$$\|D'\| = \left| \begin{array}{c|c} \|O_1\| & \|U_2\| \end{array} \right| \tag{39}$$

în care $\|0_1\|$ are toate elementele zero, iar U_2 este matricea unitate de ordin egal cu numărul coardelor.

A doua relație din (36) se înmulțește la stînga cu $\|D''\|$ și la dreapta $\|D'\|_t$ și se obține :

$$\|\underline{Z}_c\|^{-1} = \|\underline{Y}_2\| - \|\underline{Y}\|_2\| \, A_2\|_t \, \|\underline{Y}_n\|^{-1} \|A_2\| \, \|\underline{Y}_2\| \tag{40}$$

Relațiile (37) și (40) permit calculul matricelor.

$\|\underline{Y}\|^{-1}$ și $\|\underline{Z}_c\|^{-1}$ una în funcție de cealaltă. În cazul unei rețele date cu n noduri independente și cu c cicluri independente, calculul se începe cu inversarea matricei de ordin mai redus $\|\underline{Y}_n\|$ sau $\|\underline{Z}_c\|$. Aceasta înseamnă că se aplică fie metoda potențialelor la noduri, fie metoda curenților ciclici, după cum este mai comod.

3. 4. Matricele rețelelor extinse

În sistemele electromagnetice intervine adesea situația cînd o rețea studiată inițial se extinde prin adăugarea de noi laturi coarde

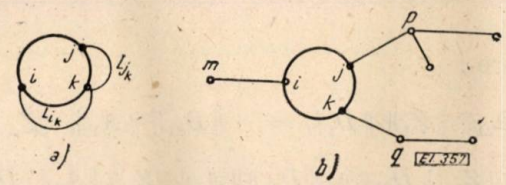


Fig. 2. Extinderea rețelei inițiale :
a) prin adăugarea de laturi coarde ; b) prin adăugarea de laturi arbore.

și noi laturi arbore, așa cum se arată în figura 2. Se pune problema de a calcula matricea $\|\underline{Y}'_n\|^{-1}$ a rețelei extinse în funcție de matricea $\|\underline{Y}_n\|^{-1} = \|\underline{Z}_n\|$ a rețelei inițiale.

Se iau în considerare noile laturi coarde, care sînt incidente la nodurile inițiale și se scrie matricea de incidență $\|A'\|$ a rețelei extinse :

$$\|A'\| = \left| \begin{array}{c|c} \|A\| & \|A'_2\| \end{array} \right| . \tag{41}$$

Se exprimă matricele $\|\underline{Y}'_n\|$ și $\|Z'_c\|$:

$$\|\underline{Y}'_n\| = \|\underline{Y}_n\| + \|A'_2\| \, \|\underline{Z}'_c\| \, \|A'_2\|_t \\ \|\underline{Z}'_c\| = \|\underline{Z}'_2\| + \|A'_2\|_t \, \|\underline{Z}_n\| \, \|A'_2\|. \tag{42}$$

Matricea $\|\underline{Y}'_n\|^{-1}$ se calculează cu relația (38) în care matricele $\|\underline{Y}_n\|$, $\|\underline{Y}_a\|$, $\|\underline{Z}_c\|$ și $\|A_2\|$ se înlocuiesc cu matricele $\|\underline{Y}'_n\|$, $\|\underline{Y}_n\|$, $\|\underline{Z}'_c\|$ și $\|A'_2\|$:

$$\|\underline{Y}'_n\|^{-1} = \|\underline{Z}_n\| - \|\underline{Z}_n\| \, \|A'_2\| \, \|\underline{Z}'_c\|^{-1} \|A'_2\|_t \, \|\underline{Z}_n\|. \tag{43}$$

Se iau în considerare noile laturi arbore, care sînt incidente la nodurile inițiale și la

nodurile noi ale rețelei extinse. Se scriu submatricele de incidență $\|D_1'\|$, $\|A_1'\|$ și $\|A_2'\|$ ale rețelei extinse :

$$\|D_1'\| = \left[\begin{array}{c|c} \|D_1\| & \\ \hline \|D_{21}\| & \|D_{22}\| \end{array}\right]; \quad \|A_1'\| = \left[\begin{array}{c|c} \|A_1\| & \|A_{12}\| \\ \hline & \|A_{22}\| \end{array}\right];$$

$$\|A_2'\| = \left[\begin{array}{c} \|A_2\| \\ \hline \\ \end{array}\right],$$

Matricea $\|\underline{Z}_c\|$ a rețelei extinse prin adăugarea de noi laturi arbore rămîne neschimbată, iar matricea $\|\underline{Z}_a'\|$ a noului arbore se scrie sub forma :

$$\|\underline{Z}_a'\| = \|D_1'\| \left[\begin{array}{c|c} \|\underline{Z}_1\| & \\ \hline & \|\underline{Z}_1'\| \end{array}\right] \|D_1'\|_t =$$

$$= \left[\begin{array}{c|c} \|\underline{Z}_a\| & \|D_1\|\,\|\underline{Z}_1\|\,\|D_{11}\|_t \\ \hline \|D_{21}\|\,\|\underline{Z}_1\|\,\|D_1\|_t & \|D_{21}\|\,\|\underline{Z}_1\|\,\|D_{21}\|_t + \|D_{22}\|\,\|\underline{Z}_1'\|\,\|D_{22}\|_t \end{array}\right] \tag{44}$$

în care :

$$\|D_{21}\|\,\|\underline{Z}_1\|\,\|D_1\|_t = -\|D_{21}\|\,\|A_1\|_t\,\|\underline{Z}_a\|$$

$$\|D_{21}\|\,\|\underline{Z}_1\|\,\|D_{21}\|_t = \|D_{21}\|\,\|A_1\|_t\,\|\underline{Z}_a\|\,\|A_1\|\,\|D_{21}\|_t.$$

Matricele $\|\underline{Z}_a'\|$ și $\|A_2'\|$ din (44) și (43) se introduc în (37) în locul matricelor $\|\underline{Z}_a\|$ și $\|A_2\|$. După efectuarea unor operații simple se obține :

$$\|\underline{Y}_n'\|^{-1} = \left[\begin{array}{c|c} \|\underline{Z}_n\| & \|\underline{Z}_{12}\|_t \\ \hline \|\underline{Z}_{12}\| & \|\underline{Z}_{22}\| \end{array}\right], \tag{45}$$

cu notațiile :

$$\|\underline{Z}_{12}\| = -\|D_{21}\|\,\|A_1\|_t\,\|\underline{Z}_n\|$$

$$\|\underline{Z}_{22}\| = \|D_{21}\|\,\|A_1\|_t\,\|\underline{Z}_n\|\,\|A_1\|\,\|D_{21}\|_t + \|D_{22}\|\,\|\underline{Z}_1'\|\,\|D_{22}\|_t. \tag{46}$$

În particular, cînd toate noile laturi arbore sînt incidente la vechile noduri, submatricea $\|D_{22}\|$ este egală cu o matrice unitate.

Folosind relația (21) dintre matricele $\|A_1'\|$ și $\|D_1'\|$ se obține condiția :

$$\|A_1\|\,\|D_{21}\|_t = -\|A_{12}\|\,\|D_{22}\|_t = -\|A_{12}\|.$$

Relațiile (46) devin :

$$\|\underline{Z}_{12}\| = \|A_{12}\|_t\,\|\underline{Z}_n\|$$

$$\|\underline{Z}_{21}\| = \|A_{12}\|_t\,\|\underline{Z}_n\|\,\|A_{12}\| + \|\underline{Z}_1'\|. \tag{47}$$

Efectuînd produsele din (47) se constată că submatricele $\|\underline{Z}_{12}$ și $\|\underline{Z}_{22}\|$ pot fi scrise direct. Se notează cu i, j, k nodurile inițiale la care sînt incidente noile laturi arbore L_{im}, L_{jp}, L_{kq}. Rîndurile m, p, q ale submatricei $\|\underline{Z}_{12}\|$ sînt constituite din rîndurile i, j, k ale matricei $\|\underline{Z}_n\|$. Primul termen din expresia submatricei $\|\underline{Z}_{22}\|$ este o matrice diagonală în care intervin impedanțele $\underline{Z}_{ii}$, $\underline{Z}_{jj}$ și $\underline{Z}_{kk}$ din matricea $\|\underline{Z}_n\|$.

Matricea $\|\underline{Y}_n'\|^{-1}$ a rețelei extinse poate fi calculată în etapè succesive prin introducerea succesivă a laturilor coarde și a laturilor arbore.

Concluzii

Metoda expusă pentru studiul regimurilor nesimetrice prezintă avantajul că duce la scrierea unor ecuații generale, fără a preciza de la început locul și forma nesimetriilor. În final, cînd se trece la calculul regimurilor, se precizează locul și forma nesimetriilor prin matricele de corespondență $\|L\|$, $\|T\|$ și prin matricele $\|\underline{Z}_N\|$ și $\|\underline{Y}_N\|$ ale elementelor nesimetrice.

Principalele idei care au stat la baza lucrării sînt următoarele :

— Informațiile asupra rețelei sînt date prin matrice formate din submatrice de ordinul trei, corespunzătoare rețelelor fictive din metoda componentelor simetrice. Caracteristicile de material sînt date prin matricele $\|\underline{Z}\|$ și $\|\underline{E}\|$ pentru elementele simetrice și prin matricele $\|\underline{Z}_N\|$ și $\|\underline{Y}_N\|$ pentru elementele nesimetrice. Caracteristicile topologice sînt date prin matricele $\|A\|$ sau $\|B\|$ și $\|D\|$ pentru rețeaua simetrică, la care se adaugă matricele de corespondență a nesimetriilor $\|L\|$ și $\|T\|$.

— Ecuațiile de funcționare în regim nesimetric se scriu la fel ca în cazul unei rețele monofazate, cu observația că toate matricele sînt formate din submatricele de ordinul trei.

— Ecuațiile topologice se scriu cu ajutorul matricei $\|A\|$ în vederea aplicării metodei potențialelor la noduri și cu ajutorul matricelor $\|B\|$ și $\|D\|$ în vederea aplicării metodei curenților ciclici.

— Ecuațiile topologice nu pot fi scrise numai cu ajutorul matricei $\|B\|$, deoarece aceasta nu conține informații suficiente pentru determinarea unui graf. În completarea acestor informații a fost definită matricea $\|D_1\|$ de incidență a laturilor arbore cu ciclurile închise de coardele curenților la noduri.

— Definirea matricei $\|D\|$ a permis stabilirea unor relații importante pentru calculul matricelor inverse $\|\underline{Y}_n\|^{-1}$ și $\|\underline{Z}_c\|^{-1}$, una în funcție de cealaltă. Dispunînd de aceste relații, rezolvarea sistemului de ecuații începe prin inversarea uneia dintre matricele $\|Y_n\|$ sau $\|Z_c\|$ al cărei ordin este mai redus.

Bibliografie

[1] *Berge, C.* Théorie des graphes et ses applications. Paris, Dunod, 1958.

[2] *Le Corbeiller, P.* Analyse matricielle des réseaux électriques. Paris, Dunod, 1954.

[3] *Jagane, J.* Études des circuits électriques. Paris, Eyrolles, 1962.

[4] *Gaussens, P., Pardigon, J., Auges, P., Augé J.* L'évolution des méthodes de calcul des réseaux maillés liée à l'utilisation des machines aritmétiques. In: Bull. Soc. Franç. Électrs., nr. 16, 1961.

[5] *Brown, H., Cartes, G., Hopp, H., Perron, C.* Power flow solution by impedance matrix iterative method. In: Power Apparatus and Systems, nr. 65, 1963.

[6] *Glimn, A. F., Habermann, R., Henderson, J. M., Kirschmayer, L. K.* Digital calculation of network impedances. In: A.I.E.E. Trans., part. III, 1955.

[7] *Ward, J., Hale, H.* Digital computes solution of power flow problems. In: Power Apparatus and Systems, nr. 24, 1956.

[8] *Jordan, R.* Rapidly converging digital lood flow. In: Power Apparatus and Systems, nr. 34, 1958.

[9] *Mason, S. J.* Feedback theory: some properties of signal flow graphes. In: Proc. Inst. Radio Engrs., t. **41**, sept 1953.

[10] *Mason, S. J.* Feedback theory: further properties of signal flow graphs. In: Proc. Inst. Radio Engrs., t. **444**, iul 1956.

[11] *Kimbark.* Power system stability. New York, Willey, 1956.

[12] *Marcovici, I. M.* Rejimî energeticeskih sistem. Moscova. GEI, 1963.

[13] *Venikov, V. A.* Perehodniie elektromehaniceskie proțesî v elektriceskih sistemah. Energhia, 1964.

[14] *Maximovici, G.* Lineiniie elektriceskie țepi i îh preobrazovania. Moscova, GEI, 1961.

[15] *Cauer, W.* Theorie der linearen Wechselstromschaltungen. Leipzig, 1941.

[16] *Bercovici, M.* Calculul matricial al rețelelor electrice. In: Bul. I. P. B., 23, 1961, p. 123—147.

[17] *Răduleț, R.* Teoria celor mai simple scheme complete, echivalente cu rețelele electrice liniare în raport cu o latură a lor. In: Studii și cercetări de energetică și electrotehnică, t. **14**, nr. 2, 1964.

[18] *Antoniu, I. S.* Calculul matricial și tensorial în electrotehnică. București, Ed. tehnică, 1962.

[19] *Preda, M.* Les schémas équivalents des multipoles à accès connectés à des transformateurs idéals. In: Rev. Gén. Électr., sept 1964.

[20] *Potolea, E.* Ecuațiile matriciale ale rețelelor electrice. In: Electrotehnica, nr. 11, 1964.

[21] *Potolea, E.* Metode de rezolvare a ecuațiilor matriciale ale rețelelor electrice. In: Electrotehnica, nr. 12, 1964.

[22] *Potolea, E.* Ecuațiile matriciale ale rețelelor electrice trifazate. In: Energetica, nr. 7, 1965.

Intrat în redacție la 9.VII.1965

Contribuții la îmbunătățirea contactelor electrice realizate cu căi de curent din aluminiu

LEFORDITVA
Fm 1185/66

Sergiu Goldimberg * — București

CZ 621.3.066.6:621.315.53.004.5

Datorită multiplelor sale avantaje tehnico-economice, precum și necesităților de consum sporit, aluminiul ocupă în industria electrotehnică și în instalații un loc din ce în ce mai important.

Din punctul de vedere al conductivității electrice se constată că, după argint, care nu poate fi utilizat drept conductor electric din cauza costului ridicat, cea mai mare conductivitate o au cuprul și aluminiul [1]. Contactele electrice, care în general au rămas cele mai slabe puncte ale unei instalații [2], trebuie luate cu atît mai mult în considerare cînd este vorba de instalații cu căi de curent din aluminiu. În cele ce urmează s-a căutat a se concentra cele mai moderne și semnificative procedee folosite în tehnica contactelor cu conductori de aluminiu.

În articolul de față, după ce se trec în revistă proprietățile aluminiului și motivele în baza cărora este folosit din ce în ce mai mult ca înlocuitor al cuprului, se descriu metodele de combatere a fluajului, folosirea pastelor de contact și limitele lor de eficiență.

Ing. *S. Goldimberg* este șeful secției de aparataj de c.c. și echipamente a laboratorului de studii și încercări la I.I.S. „Electroaparataj".

1. Avantajele și dezavantajele căilor de curent din aluminiu

1. 1. *Dezavantaje*

În aer suprafețele de aluminiu se acoperă cu repeziciune cu o peliculă de oxid (Al_2O_3) greu fuzibilă (se topește la 2 050°C), insolubilă în apă și de duritate mare. Pentru contacte electrice, stratul de oxid constituie un impediment serios, fiind știut că posedă deosebite calități izolante (această proprietate este pusă în valoare prin izolarea sîrmelor de bobinaj în locul lacurilor email).

Stratul de oxid, o dată format, face să crească rezistența de contact, deci căderea de tensiune și puterea activă disipată, ceea ce are drept consecință ridicarea temperaturii care poate merge pînă la topirea conductorilor. De asemenea pelicula de oxid împiedică realizarea unor lipituri (metalizări) sau suduri

în condiţii obişnuite, obligînd la luarea de măsuri speciale pentru îndepărtarea sa, simultan cu efectuarea îmbinărilor.

Un alt dezavantaj al instalaţiilor electrice executate pe bază de aluminiu îl constituie coroziunea (mai cu seamă în zonele de contact). Aceasta poate fi de natură chimică sau galvanică. Aluminiul este atacat de foarte mulţi compuşi chimici, cum ar fi acidul clorhidric, acidul fluorhidric, soluţiile apoase ale sărurilor de cupru, soda, vaporii de clor, vaporii sărurilor de crom, nichel sau cupru, produse de fermentaţie, mercur şi altele. Acidul acetic şi apa de mare provoacă de asemenea coroziuni puternice suprafeţelor de aluminiu.

Avînd un potenţial electrochimic negativ (— 1,34 V) [1], în contact cu alte metale (în speţă este vorba de cupru) şi în prezenţa unui electrolit (provenit din intemperii atmosferice, stropi, condensări de vapori etc.), aluminiul va da naştere la microelemente galvanice care, în timp, vor duce la un proces de autodistrugere.

Din punct de vedere mecanic, aluminiul este mult inferior cuprului (tabela 1).

Tabela 1

Proprietăţile comparate ale cuprului şi aluminiului

Denumirea caracteristicii	Unitate de măsură	Al	Cu
Greutatea specifică la 20°C	kgf/dm³	2,7	8,9
Conductivitatea electrică	m/Ωmm²	35	56
Căldura specifică medie (1—100°C)	cal/g°C	0,22	0,09
Coeficientul de temperatură al rezistivităţii	1/°C	0,004	0,0038
Punct de topire	°C	658	1083
Rezistenţa la rupere (tare)	kgf/mm²	14—25	35—45
Rezistenţa la rupere (moale)	kgf/mm²	10—14	25—35
Modulul de elasticitate (E)	kgf/mm²	6—7 000	12—13 000
Coeficientul de dilatare liniară	1/°C	23.10^6	17.10^6
Conductibilitatea termică	cal/cm°C	0,5	0,9
Alungirea la 200 mm	%	2,2	1,3
Numărul de îndoiri pe o rază de 5 d	—	5	9

El se comportă foarte slab la vibraţii, şocuri şi scuturături, fapt pentru care nu se foloseşte la instalaţii cu asemenea solicitări (poduri rulante, maşini-unelte, vehicule) sau acestea se prevăd cu dispozitive speciale antivibratoare (în instalaţiile de transport energetice), cum ar fi amortizorul cu piston şi arc, spirala antivibratoare din material plastic, amortizorul Stokbridge etc. Una dintre cele mai mari deficienţe şi mai greu de rezolvat este fluajul aluminiului. În contacte se manifestă prin micşorarea presiunii, încălzirea peste limită şi, în cel mai rău caz, prin topirea lor.

Analizînd aluminiul folosit în instalaţii ca înlocuitor al cuprului nu trebuie să se uite că temperatura de topire a primului este cu 425°C mai mică decît a celui de-al 2-lea (tabela 1).

Aceasta impune luarea de măsuri speciale de dimensionare a reţelelor mai ales la scurtcircuit (densitatea de curent admisibilă este cu circa 60% mai mare la cupru decît la aluminiu).

Dezavantajele arătate mai sus, nemailuînd în considerare greutăţile de ordin tehnologic şi montaj, ar fi fost cu totul suficiente pentru abandonarea folosirii aluminiului în electrotehnică. Acest fapt nu numai că nu s-a produs, ci, dimpotrivă, an de an, asistăm la un efort general în toate ţările pentru găsirea soluţiilor celor mai bune de diminuare şi înlăturare a deficienţelor.

Care sînt temeiurile ce justifică aceste eforturi?

1. 2. Avantaje

— Aluminiul se găseşte foarte răspîndit în natură, în timp ce cuprul este un material deficitar. Statisticile arată că indicele de creştere anuală a industriei şi instalaţiilor cu caracter electrotehnic, în lume, depăşeşte cu peste 300% indicele de creştere a producţiei de cupru [3]. În plus, azi metodele de extragere sînt bine studiate şi experimentate pe scară industrială aşa încît preţul de cost la unitatea de greutate a scăzut mult sub cel al cuprului.

— Din punctul de vedere al rezistenţei la anumiţi agenţi chimici, aluminiul se comportă mai bine decît cuprul. Nu este atacat de sulf, avînd din această cauză o stabilitate mai bună decît cuprul în cordoanele izolate cu cauciuc.

— Fiind un metal moale, prezintă avantaje în ceea ce priveşte prelucrările tehnologice.

— După ardere formează produse neconductoare (se evaporă).

— Pierderile prin efect Corona sînt mai mici la o linie de înaltă tensiune din aluminiu decît la o aceeaşi linie executată din cupru, datorită secţiunilor mai mari.

— Lipsa proprietăţilor feromagnetice face ca aluminiul să fie utilizat tot ca şi cuprul pentru diverse bobinaje în construcţia maşinilor electrice, a transformatoarelor şi aparatelor electrice, precum şi în unele construcţii speciale. Aşa bunăoară marele electromagnet al sincrotronului pentru Centrul de studii şi cercetări nucleare de la Geneva are două bobinaje de aluminiu, fiecare cu o greutate de 28,8 t (diametrul exterior de 7,7 m cel interior de 5 m).

— Uneori se impune folosirea aluminiului pentru uşurarea subansamblelor în mişcare (în special la construcţia rotoarelor marelor agregate).

— Cele mai importante avantaje ale aluminiului provin din faptul că greutatea sa specifică este de 3,3 ori mai mică decît cea a cuprului.

La compararea eficienţei economice a unei instalaţii electrice realizată cu conductori de aluminiu sau cupru trebuie să se ţină seamă

de faptul că prețul de cost, greutatea specifică și conductivitatea diferă net.

— Prețul cuprului unei instalații este :

$$C_{Cu} = l_{Cu} \cdot S_{Cu} \cdot \gamma_{Cu} \cdot c_{Cu} \quad (1)$$

unde :

C_{Cu} este costul total ;
l_{Cu} — lungimea căii de curent ;
S_{Cu} — secțiunile diverselor porțiuni de circuit ;
γ_{Cu} — greutatea specifică ;
c_{Cu} — prețul pe unitate de greutate.

Costul aceleiași instalații de aluminiu este :

$$C_{Al} = l_{Al} \cdot S_{Al} \cdot \gamma_{Al} \cdot c_{Al}. \quad (2)$$

Raportul prețurilor :

$$\frac{C_{Cu}}{C_{Al}} = \frac{l_{Cu} \cdot S_{Cu} \cdot \gamma_{Cu} \cdot c_{Cu}}{l_{Al} \cdot S_{Al} \cdot \gamma_{Al} \cdot c_{Al}}. \quad (3)$$

La n părți conductoare de diverse secțiuni și lungimi, ecuația (3) se va exprima :

$$\frac{C_{Cu}}{C_{Al}} = \frac{\gamma_{Cu} \cdot c_{Cu} \sum_{1}^{n} S_{Cu} \cdot l_{Cu}}{\gamma_{Al} \cdot c_{Al} \sum_{1}^{n} S_{Al} \cdot l_{Al}}. \quad (4)$$

Dacă se pune condiția existenței unei aceeași rezistențe ohmice :

$$\frac{\rho_{Cu} \cdot l_{Cu}}{S_{Cu}} = \frac{\rho_{Al} \cdot l_{Al}}{S_{Al}} \quad (5)$$

sau :

$$\frac{S_{Cu}}{S_{Al}} = \frac{\rho_{Cu} \cdot l_{Cu}}{\rho_{Al} \cdot l_{Al}}. \quad (6)$$

Dacă porțiunile de circuit au aceleași lungimi, ecuația (6) devine :

$$\frac{S_{Cu}}{S_{Al}} = \frac{\rho_{Cu}}{\rho_{Al}}. \quad (7)$$

Introducînd (7) în (3) și ținînd seamă de ipotezele făcute se obține :

$$\frac{C_{Cu}}{C_{Al}} = \frac{\gamma_{Cu} \cdot \rho_{Cu} \cdot c_{Cu}}{\gamma_{Al} \cdot \rho_{Al} \cdot c_{Al}}, \quad (8)$$

Se știe că $\gamma_{Cu} = 8{,}9$ kgf/dm³ ; $\gamma_{Al} = 2{,}7$ kgf/dm³ ;

$$\rho_{Cu} = \frac{1}{56} \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}, \text{ iar } \rho_{Al} = \frac{1}{34} \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}, \quad (8a)$$

Făcînd toate calculele, (8) devine :

$$\frac{C_{Cu}}{C_{Al}} = 2 \frac{c_{Cu}}{c_{Al}}. \quad (9)$$

La prețuri unitare egale (niciodată nu se produce aceasta în realitate ; de obicei prețul aluminiului reprezintă 0,75 din prețul cuprului) și ținînd seamă de mărirea secțiunii pentru compensarea diferenței de rezistivitate, instalațiile confecționate din aluminiu vor costa jumătate din cît ar trebui să coste aceleași instalații montate cu conductori din cupru. În tabela 2 se menționează, cu titlu informativ, prețurile din Anglia pentru conductori de rezistență egală, de cupru și aluminiu, folosiți în instalațiile aeriene.

Tabela 2

Conductorii folosiți	Prețul în lire sterline/milă
Conductori de cupru (secțiune 62,5 mm²)	293
Conductori de aluminiu pur	144
Conductori OL-Al	162
Conductori din aliaj de aluminiu	204

Iată pentru ce în ciuda multiplelor neajunsuri aluminiul s-a impus în electrotehnică.

2. Deformarea prealabilă — metodă de combatere a fluajului

Fluajul este proprietatea aluminiului de a căpăta deformații permanente sub influența unei sarcini continue în timp (fig. 1). În contacte se manifestă, prin micșorarea presiunii, creșterea puterii disipate, încălzire și în cel mai rău caz distrugerea lor totală. Acest proces este cu atît mai accentuat, cu cît temperatura îmbinării este mai ridicată și se explică prin scăderea proprietăților elastice ale aluminiului cu creșterea temperaturii.

Studiind variația deformațiilor în timp și la sarcină constantă, s-a observat că la începutul intervalului este mai accentuată, stabilizîndu-se treptat o dată cu scurgerea vremii.

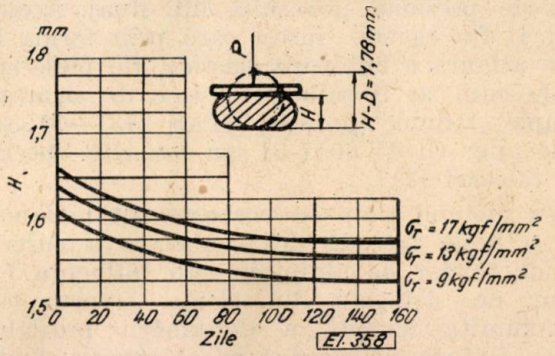


Fig. 1. Variația înălțimii unui conductor de aluminiu, în timp, datorită fluajului.

Deformarea cea mai accentuată datorită alunecării are loc în primele zile, descrescînd pînă la o completă stabilizare în zilele ce urmează. Dacă intervine o altă stare energetică,

de exemplu creşterea temperaturii, deformarea se accentuează după o pantă mare la început tinzînd repede către zero după cîteva zile de existenţă. În figura 2 este reprezentată

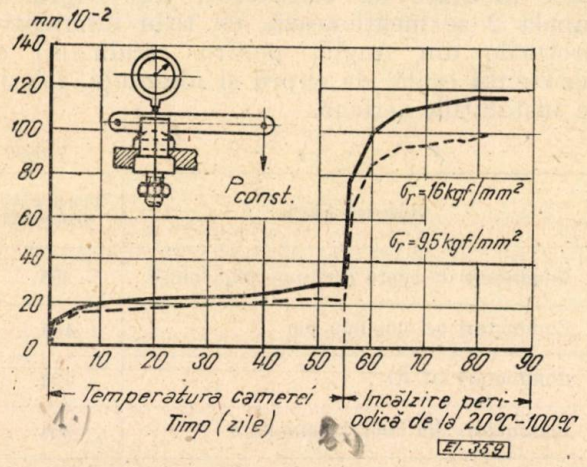


Fig. 2. Deformarea unui conductor de aluminiu sub presiune constantă, în timp.

[1] alura curbei de deformare datorită fluajului la o sarcină constantă, timp de 55 zile. Apoi îmbinarea a fost încălzită ciclic, de la 20 la 100°C, urmărindu-se influenţa temperaturii asupra curgerii aluminiului. Încălziri intense şi de scurtă durată sînt oricînd posibile, nu atît în funcţionarea normală, cît în cazurile accidentale de scurtcircuite.

Cercetînd temeinic fenomenul de curgere prin numeroase experienţe, executate mai bine de jumătate de secol, cercetătorii din întreaga lume au propus diverse soluţii mai mult sau mai puţin acceptabile. Enumerăm pe scurt metodele folosite :

— renunţarea la îmbinări prin şuruburi şi cleme şi adoptarea înnădirilor lipite şi sudate ;

— proiectarea unor elemente elastice care au ca sarcină să preia, prin destinderea lor, scăderea de presiune provenită din fluaj. Acestea pot fi fie clemele înseşi care prin forma lor pot asigura o îmbinare elastică, fie piese speciale cum ar fi şaibele elastice de siguranţe simple şi duble (grower) STAS 2731—51, şaibele taler GOST 3057-54 sau resoarte speciale cu tăieturi [11].

În ultimul timp se vorbeşte tot mai mult de o nouă metodă de combatere a curgerii conductorilor de aluminiu sub influenţa forţelor de strîngere din cleme. Aceasta este aşa-numita metodă a deformării prealabile [20]. Metoda se bazează pe observaţia că aluminiul în anumite condiţii de efort şi temperatură are tendinţa de curgere în primele zile (3—6 zile) ale intervalului, după care deformarea se stabilizează (fig. 2) pînă la apariţia altor condiţii externe. Aşa stînd lucrurile, cercetătorii au preconizat supunerea în prealabil a barelor şi a conductorilor unor eforturi identice sau chiar mai mari şi numai după aceea să se realizeze legătura definitivă. Astfel se realizează de la început o deformare mai mare decît aceea ce s-ar fi putut efectua prin curgere.

Prin aplicarea deformării prealabile are loc un proces de îndesare a cristalelor în detrimentul spaţiilor intercristaline libere. Din această cauză, domeniul deformaţiilor elastice se măreşte, nefiind depăşit de tensiunile interne care apar obişnuit în conductorul strîns. Această metodă se recomandă mai ales la racordarea conductorilor de aluminiu masivi (bare, benzi, conductori monofilari) asamblaţi în cleme cu suprafeţe mari de contact şi cu presiune specifică de strîngere relativ mică, cînd deformarea conductorului nu depăşeşte 5 pînă la 15%. Valoarea optimă a presiunii, folosită pentru deformări prealabile, este, conform standardului cehoslovac CSN 37 0606— „Îmbinarea mecanică a conductorilor din aluminiu în instalaţiile electrice", de 3 pînă la 5 ori valoarea presiunii realizate la aplicarea metodei de montaj obişnuite. După alţi autori [11], presiunea deformării prealabile trebuie să fie 5 kgf/mm², pentru suprafeţe de îmbinare mai mari, ajungîndu-se pînă la 20—30 kgf/mm² pentru contactele executate pe suprafeţe mici sau liniare.

Numeroase experienţe au arătat că timpul necesar pentru realizarea deformaţiei prealabile este de minimum 5 zile, în care interval presiunea trebuie să se menţină constantă. Dacă nu dispunem de timpul necesar, durata poate fi redusă pînă la 2—3 zile. Deformarea prealabilă se poate face foarte bine cu ajutorul unei prese unde există posibilităţi de măsurare a efortului. În lipsa acesteia se folosesc tot felul de mijloace improvizate, greutăţi statice, cleşti cu bacuri fasonate, menghine etc. Dacă nu există posibilitatea realizării unei deformaţii prealabile în condiţii normale, se recomandă asamblarea clemei în condiţii obişnuite (prin strîngerea tuturor buloanelor) urmată de desfacerea ei, lăsînd conductorii să se destindă, după care se va face montajul definitiv. Pentru tipuri curente de cleme ale căror şuruburi nu acţionează direct asupra cablului se recomandă (conform prescripţiilor cehoslovace — CSN 37 0606) ca valoarea deformării prealabile să fie cuprinsă între 20 şi 30% din diametrul conductorului, respectiv grosimea benzii. Deformarea prealabilă trebuie aplicată cu prudenţă la conductorii subţiri (sub 16 mm²), fiindcă se pot produce defecte sau chiar ruperea lor. De aceea se recomandă ca benzile sub 3 mm grosime şi conductorii de secţiune mai mică (sub 16 mm²) să fie deformaţi în prealabil pe porţiunile destinate contactelor electrice, prin lovituri uşoare, date cu un ciocan mic. Dacă deformarea prealabilă se execută cu menghina sau cu presa manuală, se va avea

grijă ca suprafața bacurilor să fie netedă. Capetele sîrmelor de aluminiu care trebuie fasonate în formă de U sau bucle vor fi supuse deformării prealabile după ce aceste operații au fost executate, fiind în stare finală de racordare.

Din cauza fluajului, toate îmbinările mecanice de importanță, trebuie controlate și eventual strînse din nou; controlul se recomandă a se face prima dată după șase săptămîni, apoi după 6 luni și în continuare la nevoie. Rezolvînd cu succes problema fluajului, îmbinările mecanice ale conductorilor de aluminiu își croiesc drum în tehnică, fiind în ultimul timp preferate altor îmbinări, datorită simplității execuției. Aceste îmbinări s-au dovedit a fi trainice în exploatare dacă se fac cu atenție și conștiinciozitate. La întreprinderea de stat „Elektroinstalation"-Annanberg au fost încercate în 1959 circa 250 asamblări realizate cu cleme de legătură și șuruburi montate în anii 1936—1939. Căderile de tensiune rezultate au fost în totalitate cuprinse în limitele prescripțiilor actuale [13].

3. Folosirea pastelor de contact

În cele ce urmează se vor examina cîteva metode folosite pentru pregătirea suprafețelor conductorilor din aluminiu întrebuințînd așa-numitele paste de contact.

3.1. Îmbinarea sub strat de vaselină

Zaimowschi și Usov [1] au ajuns la concluzia că cea mai bună metodă de pregătire a suprafețelor de contact este aceea a șlefuirii lor cu hîrtie sau pînză abrazivă sub strat de vaselină. În prealabil se va curăța capătul conductorului cu o bucată de pînză înmuiată în benzină de extracție, după care se șterg cu vată hidrofilă muiată într-o soluție de alcool etilic neutralizat. În cazuri deosebite se înlătură primul strat de vaselină impurificat, după care se unge cu vaselină proaspătă, strîngerea conductorilor făcîndu-se sub acest strat. Surplusul de vaselină se va șterge cu o pînză specială curată, putîndu-se refolosi. Vaselina are două scopuri:

a) să protejeze suprafața curățată de oxizi, pînă la îmbinare, împotriva refacerii filmului de oxid;

b) să protejeze îmbinarea, în timp, împotriva pătrunderii umezelii.

Vaselina folosită trebuie să fie neutră din punct de vedere chimic spre a nu avea efecte de coroziune.

Dacă nu există această certitudine se va verifica capacitatea de protecție. Verificarea se face în felul următor. Două plăci de aluminiu se șlefuiesc cu pînză de șlefuit STAS 1582—61 pînă se obțin suprafețe lucioase. Apoi se spală în benzină de extracție prin cufundare și se șterg cu vată hidrofilă muiată în alcool etilic neutralizat, după care se șterg cu vată hidrofilă uscată. După aceste operații, plăcile nu se mai ating cu mîna, ci numai cu hîrtie de filtru.

Plăcile astfel pregătite se cufundă în vaselină care se găsește într-o capsulă de porțelan. Vaselina se întinde cu o pînză emeri de granulație fină care va atinge foarte ușor suprafața de probă. Grosimea stratului de vaselină trebuie să fie de aproximativ 1 mm. În această situație se introduce în camera higroscopică timp de 5 zile la temperatura de 50°C și umiditatea relativă de 95%. După trecerea acestui timp plăcile se scot și se spală cu un amestec cald de alcool benzen (o parte alcool la 4 părți benzen), frecînd ușor cu vată, apoi uscînd cu vată hidrofilă.

Vaselina se consideră satisfăcătoare dacă pe plăci nu au apărut puncte de coroziune, observate cu ochiul liber. Se recomandă a se folosi în scopul descris vaselină tehnică naturală sau artificială STAS 916-50 sau 917-61. Dacă se presupune că îmbinarea va lucra la temperaturi mai ridicate, se vor alege vaseline mai consistente (STAS 562—55, 1608—50 etc.). Acest tip de îmbinare se pretează la îmbinarea barelor prin șuruburi, a conductorilor funie prin cleme cu crestături (STAS 3629—62), a conductorilor monofilari în borne de aparate, în general unde presiunea este relativ mare (peste 2—3 kgf/mm^2) pentru a expulza pelicula unguentă dintre contacte.

Metoda prezintă următoarele avantaje și dezavantaje.

Avantaje: este o metodă relativ simplă, ușor de realizat, se poate folosi în orice condiții de lucru, în ateliere ca și la instalațiile în aer liber. Nu necesită cadre calificate, utilaje deosebite, și este relativ ieftină.

Dezavantaje: din cauza încălzirilor repetate vaselina este evacuată cu timpul și contactele se degradează. Pentru realizarea unui contact bun trebuie presiuni relativ mari. Urmele de acizi și alcalii din vaselină pot duce la unele procese de coroziune nedorite.

3. 2. Folosirea pastei de contact pe bază de vaselină tehnică și nisip de cuarț

Prin metoda precedentă se putea asigura decojirea peliculei de oxid numai pe suprafețe degajate, accesibile, însă rămîn o serie întreagă de conductori ale căror suprafețe sînt greu accesibile și situate în poziții incomode de lucru. Așa de exemplu, contactele conductorilor funie, interiorul clemelor cu crestături STAS 3629—62, cleme de legătură și derivație STAS 6731—63 sau contactele dintre papucii de cablu și conductori etc., îmbinările realizate pe stîlpi între conductori aerieni, care nu se pot realiza prin metoda răzuirii stratului de oxid sub protecția vaselinei. Atunci s-a

găsit un procedeu (datorit cercetătorilor sovietici) care simplifică oarecum procesul de îndepărtare a filmului de oxid. S-a adăugat vaselinei tehnice protectoare un volum egal de nisip de cuarţ de granulaţie foarte fină, bine şi omogen amestecat, care are rolul de a fărîmiţa pelicula rău conducătoare de oxid, facilitînd realizarea unui contact intim. Vaselinei din vecinătate îi revine rolul de a proteja suprafaţa metalică împotriva refacerii stratului de oxid şi a pătrunderii umidităţii. Pentru prepararea pastei se foloseşte vaselină medicinală sau tehnică, neutră, verificată că nu conţine acizi sau alcalii şi nisip de cuarţ, amestecîndu-se minuţios la temperatura camerei.

Omogenitatea amestecului se verifică pe o lamelă de sticlă, în lumină. Culoarea uniformă a sticlei dovedeşte uniformitatea repartiţiei particulelor de nisip. Pasta de contact se păstrează în bidoane închise. Folosirea pastei de contact pe bază de nisip de cuarţ nu scuteşte operaţia prealabilă de curăţare şi îndepărtare a murdăriilor.

Conductorii funiei se desfac puţin pentru a permite pătrunderea pastei la toate suprafeţele firelor. Apoi se face îmbinarea prin unul din mijloacele specifice contactelor de strîngere (cleme, pensete, şuruburi etc.). Surplusul de pastă se curăţă şi se poate folosi din nou. După înlăturarea surplusului de pastă se controlează şi se acoperă cu un lac hidrofug, uscîndu-se în aer (de exemplu, lac de asfalt), după care se înfăşoară cu banda izolatoare şi se lăcuieşte încă o dată.

Dezavantajele acestei metode rămîn aceleaşi ca la metoda precedentă a îmbinărilor sub strat de vaselină.

3.3. Folosirea pastei de contact pe bază de vaselină şi particule din oţel

Suprafeţele de contact se ung înainte de asamblare cu o pastă formată din vaselină tehnică şi particule fine de fier.

În prealabil se curăţă de oxizi şi murdării cu o pînză fină de hîrtie sticlată. Această operaţie favorizează realizarea unui contact electric intim, dar nu este indispensabilă, mai ales dacă capetele conductorilor sînt curate.

Aşchiile de oţel, în afară de faptul că distrug pelicula de oxid, se implîntă în carnea metalelor de contact, creînd sute şi mii de căi de curent paralele, în timp ce masa de vaselină are rol de agent protector. Forma aşchiilor este plată ascuţită, iar mărimea lor, de maximum 0,15 mm. Ca material se recomandă folosirea unei sîrme moi, recoapte, cu rezistenţa mecanică de 32 kgf/mm², din care se fac aşchiile, iar ca masă protectoare se poate folosi vaselina tehnică, neutră, naturală sau artificială.

Pasta are greutatea specifică de 2,2 g/cm³ şi volumul specific de 0,41 cm³/g, iar consumul specific pe suprafaţa de contact este 1 kg pastă pentru 1,3 m² suprafaţă protejată. Ceea ce constituie un mare avantaj este faptul că se poate folosi la orice fel de clemă şi la orice conductor, bară sau toron prin simpla ungere cu o linguriţă, surcică sau altceva. Rezultatele cele mai bune au fost obţinute cu pasta care conţine 70% aşchii şi 30% vaselină [19].

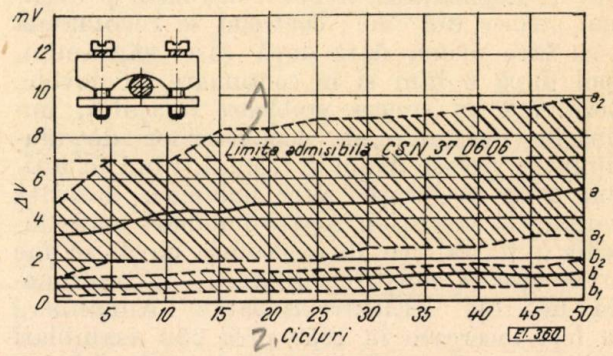


Fig. 3. Căderile de tensiune între conductorul funie şi clemă de-a lungul a 50 cicluri de încălzire-răcire:
a, b — căderea de tensiune, medie a 10 citiri; a_1 b_1 — căderile de tensiune la probele cele mai bune; a_2 b_2 — căderile de tensiune la probele cele mai rele; *a* — îmbinare fără pastă; *b* — îmbinare cu pastă.

Pentru ilustrarea eficacităţii pastei de contact sînt redate în figurile 3 şi 4 rezultatele probelor comparative (îmbinări realizate cu şi fără pastă de contact), executate conform standardelor cehoslovace [20].

Potrivit acestor norme, îmbinarea se consideră satisfăcătoare dacă în timpul a 50 cicluri de încălzire-răcire (încălzire la 120°C şi răcire la temperatura ambiantă) căderile de tensiune la trecerea curentului nominal nu depăşesc 7 mV între contacte, iar raportul căderilor de tensiune după ciclul 25 către cele obţinute după ciclul 10 nu depăşeşte 150%, la 9 din cele 10 probe.

Rezultatele expuse în figura 3 sînt de la o clemă cu bridă din alamă, cu 2 şuruburi M5, din oţel, strînsă cu un cuplu de 20 kgf·cm, avînd sub capul şurubului şaibe arcuitoare (grower). Conductorul funie de 25 mm², încărcat cu un curent de 69 A, a fost curăţat înainte de montare. În figura 3 se văd clar diferenţele dintre căderile de tensiune absolute şi deosebirea dintre mărimea domeniului de împrăştiere (zone haşurate) pentru cele 10 probe.

În figura 4 sînt redate variaţiile căderilor de tensiune pentru 2 conductori monofilari (de 6 şi 16 mm²), încărcaţi la 28 A, respectiv 38 A, în 3 situaţii:

a) conductor curăţat, folosit fără pastă de contact;

b) conductor necurăţat, folosit cu pastă de contact;

c) conductor curăţat, folosit cu pastă de contact.

S-au făcut 50 cicluri de încălzire-răcire (încălzire-în termostat la 120°C şi răcire pînă la temperatura ambiantă).

Aici se observă că folosindu-se pasta de contact s-au obținut rezultate mai bune la conductorii necurățați decît la conductorii curățați, montați fără pastă. De asemenea se observă o diferență mai mică între căderi de tensiune ce trebuie pusă pe seama suprafeței mai mici de contact.

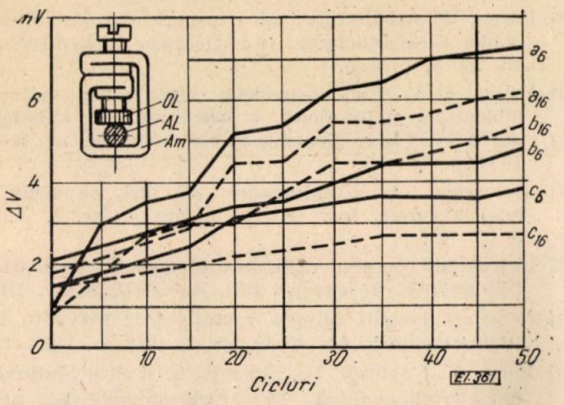


Fig. 4. Variația căderilor de tensiune de-a lungul a 50 cicluri de încălzire-răcire, între conductori monofilari și clemă: a_6, a_{16} — conductori curățați, fără pastă, de 6, respectiv 16 mm²; b_6 b_{16} — conductori necurățați, cu pastă de 6 și 16 mm²; c_6 c_{16} — conductori curățați cu pastă, de 6 și 16 mm².

După cercetări multiple făcute pe diverse cleme s-au tras următoarele concluzii [19]:

a) *Domeniul optim de folosire.* Pasta de contact se poate întrebuința la orice fel de cleme și îmbinări, dînd rezultatele cele mai bune pentru acele contacte a căror suprafață este mai mare.

La clemele la care suprafața de contact este mică se poate folosi, însă avantajele nu sînt atît de pregnante ca la primele. Cu cît suprafața de contact este mai mare, cu atît căile de curent în paralel sînt mai numeroase, rezistența de trecere și încălzire este mai mică și îmbinarea este mai eficientă. La contactele punctiforme sau liniare, se înțelege de la sine, că pasta cu așchii metalice nu va avea nici un efect evident. În aceste cazuri, ea va juca numai un rol protector ca oricare vaselină banală de protecție. De aceea valoarea pastei de contact pe bază de așchii metalice este pusă în evidență numai cînd e folosită alături de cleme cu șuruburi sau presate de suprafețe mari, la îmbinări de cabluri, bare plate etc.

b) *Presiunea minimă admisibilă.* Eficacitatea pastei de contact se face simțită atunci cînd în îmbinare există un minim de presiune de 0,5 kgf/mm². Dacă presiunea e prea mică, așchiile nu pătrund în metal, suprafețele nu se ating și pasta mai mult strică decît folosește. Deci nu e indicată a se folosi la presiuni prea mici (eventual simplă rezemare).

c) *Cum e și firesc conductorii* trebuie curățați în prealabil. Experiențele au arătat că legăturile de contact sînt cu atît mai bune cu cît conductorii sînt mai bine curățați anterior (indiferent de folosirea sau nu a pastei de contact). Pasta de contact nu e capabilă a curăța suprafețele murdare, cu straturi groase de oxid, murdării etc. Cu toate acestea este posibil ca să se realizeze o îmbinare bună și fără curățarea prealabilă a suprafeței, însă este clar că înnădirea va fi de calitate mai bună dacă curățarea conductorilor se va face mai îngrijit.

d) *Pasta de contact nu se recomandă* a se folosi în medii umede și corosive. Posibilitatea de ruginire a așchiilor de oțel constituie cel mai mare dezavantaj al pastei de contact. Or, se știe că rugina constituie un mediu foarte agresiv pentru suprafețele de aluminiu. De aceea folosirea pastei este limitată la mediile uscate, în instalații interioare, în cutii etanșe etc.

e) *Folosirea pastei de contact* se face prin ungerea suprafețelor ce vin în contact (pe o singură parte), excesul putîndu-se refolosi.

Datorită rezultatelor bune obținute în exploatare, folosirea pastei de contact a fost legiferată în Republica Socialistă Cehoslovacă prin standardul de stat CSN 37 0606 art. 42, încredințîndu-se întreprinderii Novohuty-Mokrad fabricarea ei.

Compararea celor trei metode de asamblare bazate pe folosirea vaselinei tehnice dă evident cîștig de cauză pastei de contact cu așchii de fier. Dacă se iau măsuri de etanșare locală prin lăcuire, bandajare cu bandă izolantă, compundare etc., limitarea privitoare la folosirea sa numai în încăperi uscate poate fi mult lărgită, asigurîndu-se o funcționare corectă și în instalații exterioare.

Atît considerațiile teoretice, cît și experimentările practice atestă calitățile îmbinărilor cu pastă pe bază de așchii metalice față de celelalte două metode descrise anterior.

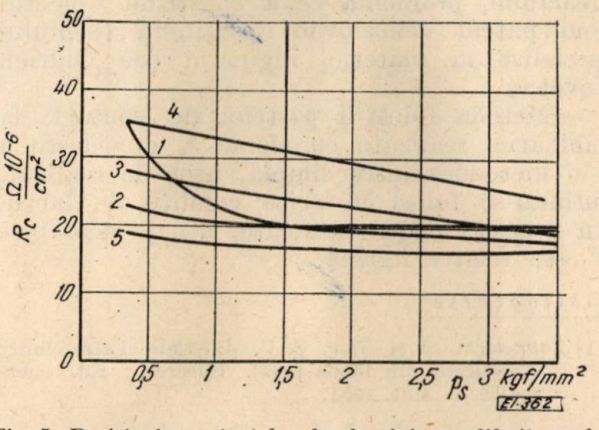


Fig. 5. Rezistența contactelor de aluminiu cu diferite prelucrări ale suprafețelor de contact:
1 — prelucrarea suprafețelor la mașina de rabotat; *2* — idem, urmată de ungerea cu vaselină; *3* — idem, vaselină conținînd pulberi de aluminiu; *4* — idem, cu grafit; idem, cu așchii de fier; R_c — rezistența de contact; p_s — presiunea specifică.

În figura 5 sînt redate rezultatele cercetărilor lui V. Usov privitoare la influența diverselor pregătiri ale suprafețelor de contact asupra rezistenței de trecere. După cum se ob-

servă rezultatele cele mai bune s-au obținut cu pasta de contact pe bază de aşchii de fier.

În Anglia se semnalează întrebuinţarea unei paste de contact pe bază de petrol în care se găsesc în suspensie particule fine de zinc metalic [17]. Din punct de vedere teoretic folosirea zincului are mai multe avantaje :

— zincul este mai stabil la umiditate, dînd produse de oxidare (oxidul de zinc) nevătămătoare pentru aluminiu ;

— are potenţialul electrochimic cel mai apropiat de aluminiu, evitînd microelementele galvanice ;

— conductivitatea electrică este de două ori mai bună la zinc decît la oţel (16 faţă de $8 \frac{m}{\Omega\, mm^2}$).

Din punct de vedere practic însă, nu deţinem suficiente date spre a ne putea pronunţa asupra eficacităţii acestei metode.

Concluzii

— Faţă de conductorii electrici din cupru, conductorii din aluminiu prezintă o serie de deficienţe care pot şi trebuie înlăturate prin metode adecvate.

— Ceea ce justifică efortul pentru găsirea metodelor celor mai potrivite pentru realizarea de îmbinări sigure şi eficiente în timp este faptul că cuprul reprezintă un material deficitar, extracţia sa neputînd ţine pasul puternicei dezvoltări a industriei electrotehnice ; la aceasta se adaugă multiplele avantaje tehnico-economice ale aluminiului.

— Pentru combaterea fluajului, procedeul cel mai potrivit pare a fi metoda deformaţiilor prealabile, problemă ce a constituit obiectul unui patent cehoslovac aparţinînd vechiului specialist în materie, inginerul ceh Oldrich Novotny.

— Metoda folosirii pastelor de contact la îmbinările realizate cu cleme se dovedeşte a fi o metodă relativ simplă, uşor de realizat, putîndu-se folosi în orice condiţii de lucru. Nu necesită cadre calificate, utilaje deosebite şi este relativ ieftină.

Bibliografie

[1] *Zaimovschi, S.* şi *Usov, V. V.* Materiale electrotehnice (traducere din limba rusă). Bucureşti, Ed. energetică de stat, 1954.

[2] *Avramescu, A.* Aparate de conectare. In : Manualul inginerului electrician, vol. IV. Bucureşti, Ed. tehnică, 1956.

[3] *Iaroşek, J.* Zahranicne skusenosti s pouzivanin hlinicu v elektrikych strojoch. In : Elektrotechnik, **13**, nr.8, 1958, p. 271—273.

[4] *Perrone, A.* Orientamenti attuale nell impiego dei conduttori di aluminio par linea elettriche aeriene. In : Elettrotecnica **47**, nr. 1, 1960, p. 2—16.

[5] *Hassel, F.* Aluminium im Austausch gegen Kupfer in der Elektrotechnik. In : Deutsche Elektrotechnik **12**, nr. 8, p. 272.

[6] *Fatova, L. V.* Ekonomiceskaia effektivnost veduştih tehniceskih napravlenii v konstruirovanii kabelei i pravodov. In : Vestnik elektroprom. **30**, nr. 8—9, 1959, p. 62—66.

[7] *Avramescu, A.* Conductoare din oţel aluminiu în reţelele rurale. In : Electrotehnica **5**, nr. 2, 1957, p. 37—42.

[8] Instrucţiuni pentru utilizarea aluminiului în instalaţiile electrice de curenţi tari. Bucureşti, ICSE, 1958.

[9] *Parez, B.* Pouziti hlinicu v elektrickem rozvodu. In : Elektrotechnick **13**, 1958, nr. 5, 1958, p. 182—187.

[10] *Parez, B.*, Novotny, P., Simonik, L. şi alţii. Spojováni hlinikovych vodicú. În : Elektrotechnik **13**, nr. 5 1958, p. 146—180.

[11] *Kolubeva, V. P.* Poltovoe kontaktnoe soedinenie medaliuminii. In : Elektriceskie stanţii **29**, nr. 12, 1958. p. 42—48.

[12] *Bischoff, G.* Schraubklemmen für Aluminium leitungen. In : Deutsche Elektrotechnik, nr. 4, 1958.

[13] *Bischoff, G.* Mechanische Verbindungen der Al—Leitungen in Steckdosen Steckern und Verbindungsarmaturen. In : Elektrie, nr. 11, 1962, p. 35—42.

[14] *Simonik, L.* Mechanische Verbindung von Aluminiumleitungen in elektrischen Verteilungsanlagen und Geräten. In : Elektrie, nr. 11, 1962, p. 29—34.

[15] *Thomas, A. G.* Short circuit ratings of aluminium cables. In : Electrical review **169**, nr. 19, nov 1961, p. 740—744.

[16] *Nitu, V. I.* Condiţiile înlocuirii cuprului cu aluminiu la bobinele de reactanţă. In : Electrotehnica **5**, nr. 3. 1957, p. 77—81.

[17] *Marx, C. T.* Some problems of aluminium connexion. In : Electrical energy, nr. 4, dec 1956, p. 109—112.

[18] *Hagner, M.* Der Einflus der Anwendung von Aluminium statt Kupfer auf die Planung der Produktion und der Arbeitsproduktivität im Elektromaschinenbau. In : Elektrie, nr. 11, 1962, p. 14—20.

[19] *Novotny, O.* şi *Subin, P.* Kontaktm pasta pro mechanické spojováni hlinikovych vodicú. In : Elektrotechnik, nr. 10, 1953, p. 219—225.

[20] Standardul cehoslovac CSN 37 0606 „Îmbinarea mecanică a conductorilor de aluminiu în instalaţiile electrice".

Intrat în redacţie la 29.IV.1965.

Încercări de contactoare în aer de curent alternativ

Mihail Gujbă * — Bucureşti

CZ 621.316.573 – 064.241.001.4

Nivelul construcţiei moderne de contactoare în aer este în continuă perfecţionare pentru creşterea siguranţei în funcţionare, a duratei uzurii mecanice şi electrice, precum şi pentru micşorarea gabaritului aparatelor.

Creşterea continuă a producţiei de energie electrică face necesară creşterea producţiei de aparate electrice de conectare, simple şi sigure în exploatare. Dintre acestea, contactoarele sînt aparatele cel mai mult utilizate la închiderea şi deschiderea circuitelor electrice de comandă şi de forţă din instalaţiile electrice pentru linii tehnologice mecanizate şi automatizate, maşini-unelte, ascensoare, poduri rulante etc.

În vederea îmbunătăţirii parametrilor constructiei, a asigurării unei calităţi corespunzătoare a contactoarelor în aer de curent alternativ, I.S.S. „Electroaparataj" a întreprins o serie de verificări pe baza prescripţiilor tehnice privitoare la aparate de conectare [1], a recomandărilor CEI [2] şi a prevederilor din VDE 0660 /1955.

Astfel, în laboratorul electrotehnic al acestei întreprinderi au fost încercate şi studiate mai multe serii de contactoare în aer, după cum urmează:

— seria VEB — ESGO — Oppach — R.D.G;
— seriile SM_1A şi Elan — R.P.P.;
— seriile AEG, Klöckner Moeller, Fanal şi S.B.I.K. — R.F.G;
— seria ASEA — Suedia.

Particularităţi ale execuţiei

1. Forma constructivă a contactoarelor străine este specifică liniilor de construcţie arhitecturală a fiecărei ţări. Coloritul materialelor carcaselor este plăcut îmbinat, culorile sînt deosebite şi cît mai variate pentru a trezi în jur o ambianţă plăcută ochilor, pentru a exercita o influenţă odihnitoare. În acest fel subansamblurile contactoarelor au acoperiri de protecţie în culori deschise şi atrăgătoare: miezurile magnetice în albastru (VEB) — vernil (Fanal), bobinele în galben (ASEA — EF-10), resoartele în albastru (ASEA — EF-10). In general, aspectul completează calitatea aparatului, făcîndu-l să atragă interesul acelor care îl observă şi să-l întreţină atent.

2. *Marcarea caracteristicilor tehnice* ale aparatelor se face fie prin imprimare în relief în masa plastică a carcasei (VEB, ASEA), fie prin etichetele gravate frumos pe tablă de aluminiu lipită (SBIK, Fanal). Semnele de marcare cuprind tensiunea nominală, curentul nominal, frecvenţa de conectare, uneori numărul de acţionări pentru care sînt garantate (Klöckner Moeller), cum şi semnele pentru punerea la masă a carcasei, cutiei sau altor părţi metalice, care în mod normal nu sînt sub tensiune (SBIK).

3. *Dimensiunile de gabarit constituie* o altă particularitate de execuţie a acestor contactoare, după cum se observă din tabelele 1 a÷1 f în care sînt prezentate comparativ cu construcţiile străine şi unele tipuri fabricate la uzina „Electroaparataj" — Bucureşti.

Din aceste tabele se disting, prin indicele volum cm^3/A, contactoarele SM_1 — A — 15 A (fig. 1), Fanal 25 A (fig. 2), SBIK 25 ÷ 40 A, ASEA 80 ÷ 100 A pentru contactoarele cu regim normal de lucru şi AEG JS — 113 — WS — 110 A (fig. 3) pentru contactoarele cu regim greu de lucru, contactoare care au un volum mic în raport cu sarcina nominală.

Este de remarcat, în special, tendinţa de construcţie în miniatură a contactoarelor pentru automatizări, cum este, de exemplu, contactorul SM_1A, care se compune dintr-un număr redus de subansambluri, uşor demontabile, robust construit şi economic (fig. 1).

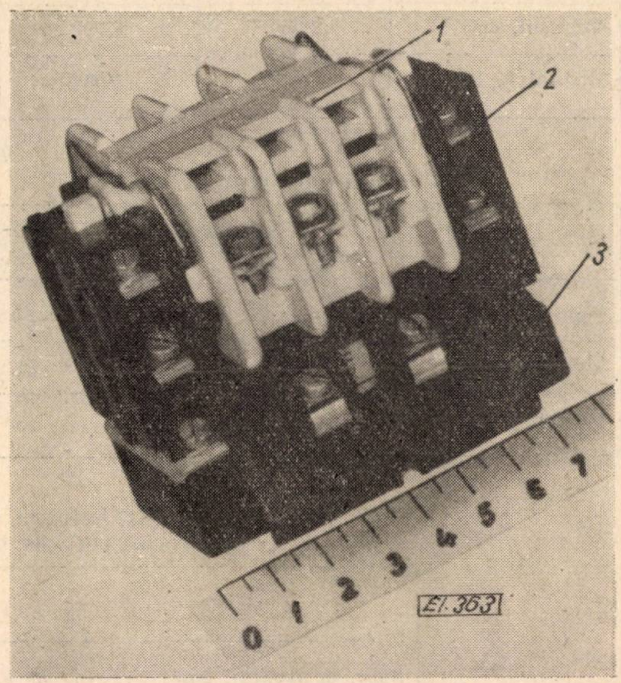


Fig. 1. Contactorul SM_1 — A — 500 V — 15 A:
1 — suportul contactelor fixe; *2* — contactele auxiliare; *3* — suportul electromagnetului.

De asemenea sînt de remarcat:

— contactorul DSL 4 x 25 A Fanal, cu contactele de tip închis, miez magnetic mobil fără resort antagonist (fig. 2);

* *M. Gujbă* este inginer proiectant la Uzinele Electromagnetica

Tabela 1 a

I CONTACTOARE CU REGIM NORMAL DE LUCRU

Contactoare de (6), 10, (15) A—Tr.

Aparatul	Electroaparataj CT-10-10A	Klöckner Moeller DILO 41356	ASEA EF10-10A	VEB-2D 15 A	SM_1-A 15A	SBIK-DL(M)0 5,5 ÷ 10A
Supr. de montaj, cm^2	8,3×6=50	7,7×7,5=55	6×7,5=45	5,6×9=50	5,5×8=44	8,5×13,8=118
Volumul, cm^3	430	~400	425	490	315	1370
Greutatea, kg	0,480	0,525	0,445	0,550	0,350	0,750

Tabela 1 b

Contactoare de (20), 25, (30) A—Tr.

Aparatul	VEB-3D 25A	ASEA EF-25 25 A	Fanal DSL 25/12 25A	Kl. Moeller DIL 20^1/57 30A	SBIK BDL(M)2 14 ÷ 20A
Supr. de montaj, cm^2	9,5×12,5=119	10×11=110	8,7×9=78	9,5×9,8=93,5	10,7×14,7=158
Volumul, cm^3	1 660	1 320	950	1 270	1 820
Greutatea, kg	1,250	1,200	1,050	1,500	1,325

Tabela 1 c

Contactoare 40 şi (60) A-Tr.

Aparatul	VEB-4D 40 A	SBIK-DL(M)4 25÷40A	ASEA EF 60 60A
Supr. de montaj, cm^2	11,2×13=146	14,3×40,5=580	15×18=270
Volumul, cm^3	2 350	8 000	4 250
Greutatea, kg	1,850	6,400	4,900

Tabela 1 d

Contactoare (100) A-Tr.

Aparatul	AEG L103-9 100A	ASEA EF-100 80÷100A	SBIK GDLM-6 6÷0100A
Supr. de montaj, cm^2	20,5×14,5=300	15×18=270	46×23=1 060
Volumul, cm^3	4 700	4 250	24 000
Greutatea, kg	4,175	5,400	18,6

Tabela 1 d'

Contactoare (100) A Rot

Aparatul	Electroaparataj $AC_2$100A	Elan SC-100 100A
Supr. de montaj, cm^2	29,1×22,3=650	37×24,5=900
Volumul, cm^3	10 200	14 500
Greutatea, kg	3,125	7,65

Tabela 1 e

Contactoare (200) A-Tr.

Aparatul	AEG L203-9 200 A	SBIK GDLM-8 150÷-200
Supr. de montaj, cm^2	20 × 26 = 520	31,7×67,5=2 140
Volumul, cm^3	10 600	55 000
Greutatea, kg	10	20

Tabela 1 f

II CONTACTOARE CU REGIM GREU DE LUCRU

Contactoare 110A-500 V Rot (160)A—1000 V—Rot

Aparatul	AEG JS 113 WS	AEG JS 163 WS
Supr. de montaj, cm^2	30 × 170 = 510	24,5×40,5=1 000
Volumul, cm^3	9 500	23 000
Greutatea, kg	6,40	17,4

Observaţii: Tabela *1a* – seria de contactoare încercate în jurul curentului nominal de 10 A ; *1b* – idem, pentru 25 A ; *1c* – idem, pentru 40 şi 60 A ; *1d* – idem pentru 100A ; *1e* – idem, pentru 200 A ; *1f* – contactoare în regim greu de lucru.
Contactoarele Electroaparataj sînt tipurile construite pînă în anul 1963 ; contactoarele SBIK sînt echipate cu cutii prevăzute şi cu relee termice ; *Tr* – contactoare cu translaţie ; Rot – contactoare cu rotaţie ; semnul indică mărimile curenţilor ce nu intră în normele CAER.

— contactorul cu rotaţie AEG JS 113 — WS, pentru regim greu, de tip robust şi construit pe un ax cu goluri şi nervuri întăritoare, prevăzut cu lagăr pe prismă, ce evită

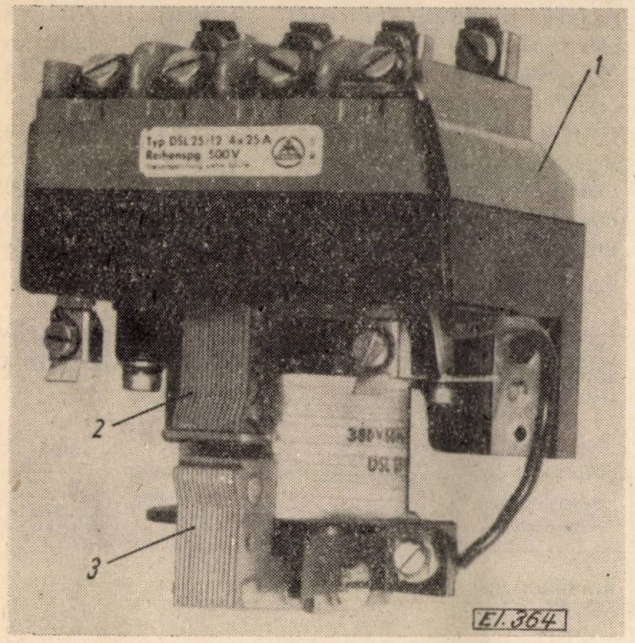


Fig. 2. Contactorul Fanal tip DSL 25/12 — 500 V — 4 × × 25 A:
1 — suportul contactelor fixe; *2* — miezul magnetic fix; *3* — miezul magnetic mobil.

uzura prin frecare şi rezistă unui număr sporit de acţionări (fig. 4).

4. Materiale plastice din care s-au construit carcasele contactoarelor, deşi nu li s-a determinat cu precizie compoziţia chimică, s-au dovedit, după aspect şi prin calcinare, că sînt

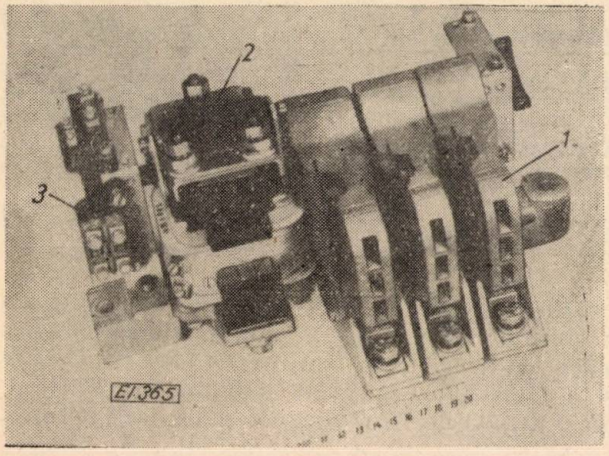


Fig. 3. Contactorul AEG tip JS-113 — WS-500 V-110 A pentru regim greu de lucru:
1 — cameră de stingere; *2* — electromagnetul; *3* — contactele auxiliare.

pentru majoritatea construcţiilor melamine. Melamina, prin rezistenţa mecanică, rigiditatea dielectrică, absorbţie de apă, înlocuieşte cu succes bachelita cu umplutură organică [3].

La contactoarele cu translaţie de 60 A se foloseşte, în general, placa de bază din tablă de oţel ambutisat spre a da aparatelor o stabilitate mecanică mai bună la şocuri.

În ce priveşte camerele de stingere, se folosesc materiale plastice cu o stabilitate termică corespunzătoare. Ele sînt de tipul paravanelor între faze, cu sau fără fante, la contactoarele pînă la 10 A, iar la cele între 60 şi 200 A se folosesc ca material melamina cu azbest (VEB, ASEA, AEG), ceramică (SBIK), steatitul (SM_1 — A), completate cu plăci deionice (AEG — ASEA — Elan), plăci de ghidare a arcului electric, coarne de stingere şi bobine de suflaj magnetic, ca la contactoarele AEG, tip JS — 113 — WS şi SBIK 60 ÷ 100 A. Camerele sînt fixate bine pe suportul lor de pe contactor, fără a se produce jocuri prea mari. Prinderea lor se face cu lamelă elastică şi ghidaj ca la AEG JS 113 — WS (fig. 3) sau cu şuruburi ca la AEG — JS — 163 — WS.

În ce priveşte sistemul de prindere a contactoarelor rezultă că decupările marginale pentru găuri nu sînt mai sigure decît prinderea normală (fig. 5), care este mai sigură şi mai rapidă.

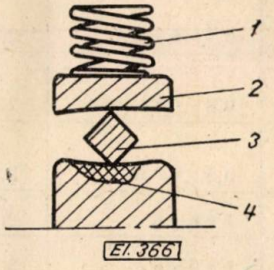


Fig. 4. Lagăr de prismă:
1 — resort elicoidal de presiune; *2* — suporţi de presiune; *3* — axul contactelor mobile; *4* — material dur rezistent la uzură prin frecare.

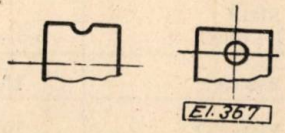


Fig. 5. Decupare şi gaură în suportul de prindere a contactorului.

5. Contactoarele cu translaţie reprezintă tipul contactorului predominant, care are avantajul ruperii duble pe fază, durată mică de închidere şi deschidere, un gabarit mai redus şi care se pretează unei durate de serviciu mai mare decît la cel cu rotaţie, unde uzura mecanică a axelor, a lagărelor şi a prismelor, ca şi uzura contactelor, sînt mai mari [4].

Contactele

Contactele aparatelor străine se construiesc pentru a corespunde atît cerinţelor severe ale automatizării, cît şi fabricaţiei în serie. De aceea ele se construiesc pentru a rezista solicitărilor mecanice şi electrice [5]. Forma lor este, în general, de suprafaţă, liniară cu alunecare, ca la contactoarele cu rotaţie, liniară sau punctiformă.

După cum se observă din figura 6, contactele contactoarelor de tip CT-10 sînt punctiforme;

datorită acestui fapt ele au o rezistenţă de contact redusă în comparaţie cu cele străine.

În privinţa presiunii în contacte, a distanţei între contacte şi a cursei în contacte, mărimi foarte utile pentru a obţine o funcţionare si-

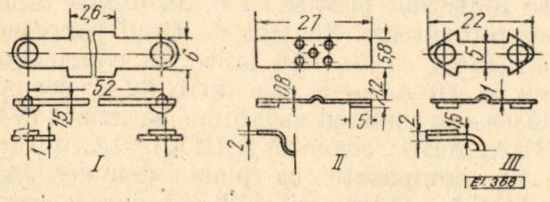


Fig. 6. Contactele fixe şi mobile ale contactoarelor CT-10 (I), ASEA — EF-10 (II) şi VEB-2 D (III):
1 — contactele fixe; *2* — punţile cu contactele mobile.

gură, o rezistenţă de durată la uzura electrică şi o putere de rupere mărită, se prezintă datele din tabela 2. Presiunile în contacte au fost asemănătoare şi o arcuire superioară sau asemănătoare celor străine, la acelaşi curent nominal. Este de remarcat, în ce priveşte dimensionarea secţiunii şi lungimii punţilor contactelor de la contactoarele cu translaţie, că există tendinţa reducerii acestor dimensiuni cît mai mult posibil. Tot în această tabelă se observă că la contactoarele CT-10 şi CT — 25 „Electroaparataj", rezerva densităţii de curent este apreciabilă, de la 1 ÷ 1,3 A/mm² faţă de 2 ÷ 3 A/mm² cu cît sînt construite punţile contactoarelor străine. De aici se poate trage concluzia că micşorarea secţiunii punţilor de contact nu va periclita stabilitatea termică a contactelor.

Din tabela 3 rezultă că lungimea punţilor (contactelor mobile) contactoarelor cu translaţie „Electroaparataj" este de 2 ÷ 3 ori mai mare decît la cele străine.

Tabela 2

Aparatul	I nominal, A	Secţiunea medie a punţilor, mm²	I/S A/mm² (în punte)	Presiunea medie pe punte, g	g/A Contact	Distanţa dintre contacte, mm	Cursa în contact, mm
CT-10	10	1,5×7,5=11,2	0,88	minimum 200	10	minimum 2	2÷3
K R Moeller DILO 41 356	6	0,4×6=2,4	2,5	circa 70—100	6—8	2	1,5
ASEA EF-10	10	0,8×5,8=4,65	2,15	125—135	6,3—6,7	3	2
SBIK DL(M)O	5,5—10	0,5×6=3	3,33	circa 170	8,5—15,5	3,5	2,5
SM-1A	15	1×6=6	2,5	100	3,3	2	2
VEB-2D	15	1×5=5	3	circa 200	6,6	3	2,5
CT-25	25	2,5×7,5=18,8	1,3	minimum 200	4	3	2
SBIK BDL(M)2	14—20	0,5×11=6,5	3,1	150—220	3,7—5,3 5,5—7,5	3	1
VEB-3D	25	1,4×8,5=12	2,08	410—420	8,3	6	~1
ASEA EF 25	25	1×8=8	3,12	512—555	10,3—11	4,5	1,5
Fanal DSL 25/12	25	0,8×7,5=6	4,18	nemăsurabil	—	5	2,5

măsurate cu ajutorul dinamometrelor, iar momentul deschiderii lor a fost semnalizat electric.

La contactoarele „Electroaparataj" CT — 10 se observă, în comparaţie cu contactoarele străine, o presiune mare în contacte, o distanţă

Din încercările efectuate, de oscilografiere a timpilor de vibraţie a contactelor, s-a constatat că, la închidere, contactoarele VEB — 2 D şi 3 D, avînd o lungime mai mică a punţilor, au o durată de vibraţie mai mică decît 0,5 ms,

Tabela 3

Aparatul	VEB-2 D 15 A	SM-1 A 15 A	ASEA EF 10	CT-10 10 A	VEB-3 D 25 A	ASEA EF 25	Fanal 25 A	CT-25 25 A
Lungimea, mm	22	24,5	27	58	31	44	50	73

pe cînd la contactoarele CT — 10, aceasta este între 3 și 4 ms. Cum literatura tehnică [3], [6], [7] pre vede ca valoarea optimă să fie mai mică decît 1 ms, este cu atît mai necesar a micșora lungimea punților, aceasta ducînd la micșorarea amplitudinii vibrației contactelor, ca și la reducerea secțiunii punților, ceea ce va duce și mai mult la scăderea duratei de vibrație prin micșorarea greutății lor [4].

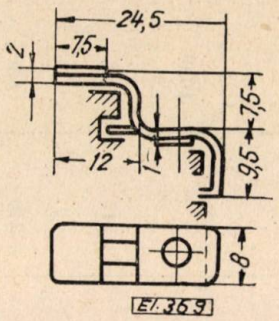


Fig. 7. Rigidizarea contactului fix în carcasa aparatului la contactorul VEB tip 2 D—500 V-15 A.

Tot în scopul micșorării vibrațiilor contactelor este de recomandat o rigidizare a contactelor fixe construite masiv și fixate corespunzător în carcasa aparatului, după cum se observă (fig. 7) la contactoarele VEB [8].

Printre alți factori care micșorează vibrațiile se menționează și scăderea vitezei contactelor mobile în momentul ciocnirii, ca și mărirea presiunii pe contacte [4].

Electromagnetul

a) *Circuitul magnetic al electromagnetului* este una dintre părțile cele mai solicitate din punct de vedere mecanic la un contactor. La seriile de contactoare încercate se observă o diversitate de forme ale circuitului magnetic ca dublu E, E cu clapetă, E cu T, E fals cu clapetă, cum

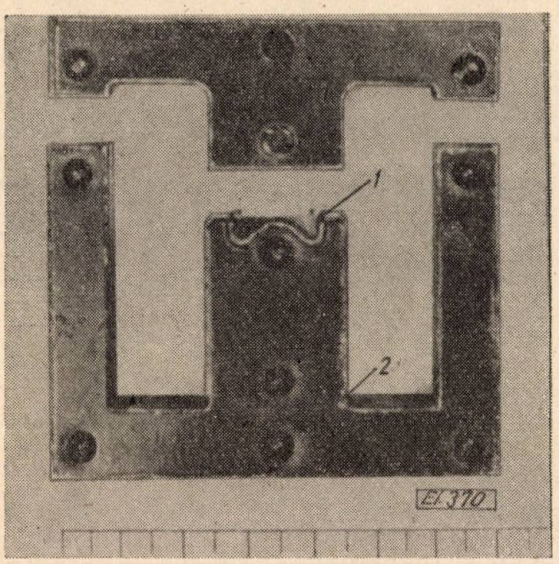


Fig. 8. Miezul magnetic al contactorului VEB tip 3 D-500 V-25 A:
1 — spira în scurtcircuit; *2* — întrefierul antiremanent.

și U cu clapetă. Dintre acestea cel mai utilizat tip este magnetul de tip E, care la închidere nu prezintă un șoc mare. (fig. 8) Totuși, ca formă mai simplă și economică, se distinge miezul magnetic în formă de U cu clapetă, cu mișcare de translație, cum sînt construcțiile de la contactoarele ASEA — EF 25 — EF 60 și EF 100 (fig. 9).

În privința curenților absorbiți de electromagneți se disting două poziții diferite ale contactoarelor, după poziția armăturii mobile: închis sau deschis. În primul caz, curenții depind de mai mulți factori, printre care masa miezurilor magnetice, înălțimea jugului, folosirea tolelor din material corespunzător, grosimea și izolația lor, gradul de prelucrare fină a suprafețelor polare ale miezurilor magnetice (întrefierul permanent).

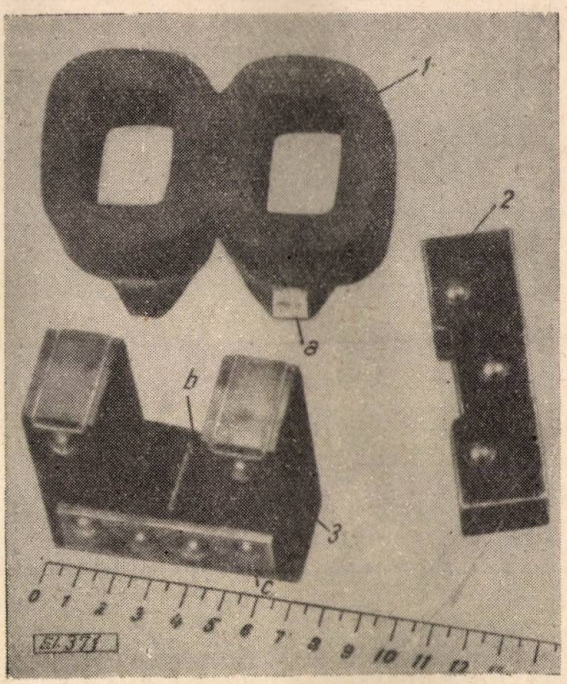


Fig. 9. Electromagnetul contactorului ASEA tip EF 60—500 V-60 A:
1 — bobina cu înfășurarea dublă; *2* — miezul mobil; *3* — miezul fix; *a* — contactele bobinei; *b* — întrefier antiremanent; *c* — placă de fixare din material nemagnetic.

Din tabela 4 se constată că valorile curenților și puterilor absorbite cu miezul magnetic în poziția deschis (la cursa maximă) depind de mărimea acestei curse maxime, de forma și masa miezului magnetic. Dintre aceste valori se remarcă cel mai mic consum la contactorul SM_1 — 15 A cu o greutate a echipamentului mobil de numai 80 g.

În poziția deschis se observă că miezurile magnetice de tip U absorb curenți mai mici decît cele de tip E, care au un întrefier mai mare și care au trei suprafețe polare în loc de două.

Factorul care arată necesitatea micșorării lui *I* deschis față de *I* închis, pentru ca, în momentul conectării, sursa să nu fie suprasolicitată, este raportul *I* deschis/*I* închis [4]. Acest factor împreună cu durata de conectare

Tabela 4

	Tipul aparatului	Curent nominal, A	Tensiunea de acționare, V	Forma și tipul miezului magnetic	Cursa maximă, mm	Întrefier în poziția închis, mm	Poziția închis		Poziția deschis		Raport *I* des./ *I* inc.	Greutate echipaj mobil, kg.
							I închis, mA	*P* închis, W	*I* deschis, mA	*P* deschis, W		
1	EA CT-10	10	380		6	0,12	48	6,25	240	62,5	5	0,135
2	Klöckner Moeller	6	220		3,5	0,25	60	3,5	200	29	3,35	0,120
3	SM_1A	15	220		4	0,15	29	3	170	32	5,9	0,080
4	Fanal	25	380		7,5	0,25	40	6,25	400	100	10	0,300
5	VEB	40	220		~ 9	δ perm.	120	9	1 300	160	10,8	0,345
6	ASEA	80÷100	500		~ 10	δ perm.	120	20	1 160	240	9,7	1,050
7	EA. AC3 cad. 3430 (rotație)	100	500		minimum 8	—	119	21,5	1 300	—	10,9	—
8	AEG JS 113 WS	110	380		23	0,4	300	46	2 200	315	7,35	0,955 (fără contacte)
9	E.A. Ac 3 cad. 3440 (rotație)	200	380		~10	0,2	360	59	3 100	240	8,6	1,200
10	AEG Js 163 WS	160	380		28	—	410	45	4 700	260	11,4	2,300 (fără contacte)
11	E.A. AC3 rotație-translație	200	380		6,6÷7,6	—	6,20	89	4 150	130	6,7	—
12	AEG L 203-9	200	380		~14	—	260	45	2 700	150	10,2	1,500

influenţează în mod hotărîtor alegerea frecvenţei de conectare a contactorului. Cu cît el este mai mic, cu atît se limitează pericolul arderii bobinei electromagnetului la acţionări repetate.

Din acest punct de vedere, contactoarele CT — 10 şi CT — 200 „Electroaparataj" sînt inferioare celor de provenienţă străină la acelaşi curent nominal.

În scopul micşorării uzurii mecanice la dimensionarea circuitului magnetic se alege o valoare a inducţiei astfel încît forţa activă a electromagnetului să corespundă greutăţii reduse a echipajului mobil, ca unul dintre elementele componente principale ale forţei rezistente. De aici tendinţa de a nu exagera dimensionarea forţei active a electromagnetului, cum şi folosirea tolei miezului magnetic de o grosime mai mare decît 0,5 mm şi chiar decît 1 mm, ca de exemplu la contactoarele ASEA şi Fanal.

Aceasta contribuie la îmbunătăţirea coeficientului de împachetare şi la o economicitate mai mare, prin micşorarea manoperei de ştanţare [9].

Execuţia întrefierului antiremanent este diferită ca soluţie aleasă. Cea mai sigură soluţie este cea cu întrefierul constant, care nu se modifică cu gradul de uzură a miezului magnetic. Se remarcă în acest sens contactoarele VEB cu întrefierul antiremanent la baza miezului central şi, în mod special, cele de tip U ASEA, care au miezul format din două braţe L fixate cu două plăci din material nemagnetic [6], [10].

b) *Construcţia bobinelor* este făcută exclusiv pe carcasă din material plastic rezistent la uzura mecanică şi cu aspect lucios (ASEA EF 25) sau cu înfăşurarea dublă ca la ASEA EF 40 — 60 — 100 (fig. 9). Bornele nu prezintă fire de legătură, care se pot rupe deseori în timpul acţionărilor repetate. Ele se construiesc sub formă de contacte fixate pe carcasele bobinelor (fig. 9).

Deoarece variaţia tensiunii de utilizare a bobinelor este de la — 15% la + 10% U_n, ele se construiesc cu o rezervă de supratemperatură faţă de încălzirea maximă admisibilă, care pentru izolaţia de clasă E este 80°C [1].

Ca date constructive este recomandabil ca lungimea diametrului bobinelor în curent alternativ să întreacă înălţimea lor. Acest avantaj dă posibilitatea ca încălzirea miezului de fier să nu influenţeze prea mult încălzirea bobinei [4]. Nerespectarea acestei condiţii duce la încălzirea excesivă a bobinei, după cum se observă în construcţia firmei SBIK, unde supratemperatura bobinelor atinge la seria de aparate valori de la 60 la 80°C. Acelaşi dezavantaj apare în condiţii asemănătoare la contactoarele CT — 200 A, unde $\Delta\theta$ atinge 55 ÷ 60°C pentru θ a = 20°C.

Tabela 5

Aparat nr.	ASEA EF 10	Ke Moeller 6 A	ASEA EF 25	Fanal 25 A	ASEA EF 60	ASEA EF 100	AEG JS 163 WS
$\Delta\theta$°C	32°	32	44	29	39	35	28
θa°C	30	30	24	21°	31	28	24

Efectul acestei rezerve necesare faţă de încălzirea admisibilă este recomandabil şi la frecvenţe mărite de conectare la care sînt supuse aparatele.

O condiţie hotărîtoare în privinţa calităţii corespunzătoare a comenzilor electrice, ca şi a execuţiei economice, este fixarea liberă a armăturii mobile a miezului magnetic [9]. Această condiţie respectată reprezintă o contribuţie la funcţionarea fără vibraţii. Exemple în acest sens sînt contactoarele ASEA EF-10 — Klöckner Moeller 6A (DILO — Cls. E) ASEA EF — 100, care au prezentat o funcţionare fără vibraţii şi fără zgomot de-a lungul întregii game de tensiuni şi chiar la tensiunea de deschidere, cînd electromagnetul deschide ferm. Acest efect de vibraţii reduse este datorit şi prelucrării fine a suprafeţelor polare ale miezurilor magnetice, reglajul forţei rezistive în raport cu forţa activă, precomprimării resoartelor antagoniste, fixării sigure, prin sertizare, presare sau lipire, a spirelor în scurtcircuit. Totuşi, nu la toate contactoarele străine s-a obţinut o funcţionare riguros fără vibraţii.

Rezultatele duratei de serviciu mecanice

Încercările privind durata de serviciu mecanică s-au fixat la o frecvenţă de 3 000 conectări/h, pe un număr de 14 contactoare.

Din rezultatele încercărilor se menţionează următoarele :

a) 6 bucăţi, fără defecte importante, care au depăşit 5 milioane de acţionări, de exemplu SM_1 — A — 15 A, 220 V — ASEA EF — 10, şi una la 3 milioane acţionări AEG — JS — 113 — WS ;

b) 7 bucăţi cu diferite defecte ; contactoarele CT — 10 „Electroaparataj" au ajuns la maximum 3 milioane de acţionări.

La analiza defectelor s-a constatat că durata de serviciu a contactoarelor este influenţată de o uzură prin frecare şi o uzură prin şoc [12].

Pentru evitarea frecării se folosesc materiale plastice moderne pe bază de melamină, cu o suprafaţă netedă şi lucioasă. In construcţia unor contactoare străine, melamina este un produs care înlocuieşte bachelita şi care are o rezistenţă la frecări mai bună decît bachelita, care se depune sub formă de praf şi acoperă suprafeţele polare ale miezurilor magnetice, uşurează lipirea armăturii mobile de cea fixă şi măreşte uzura contactelor. Acest dezavantaj

a fost observat mai ales la contactoarele de tip închis în cutii, cum sînt contactoarele firmei SBIK, care au prezentat praf abundent de bachelită în toată masa aparatelor supuse la uzură.

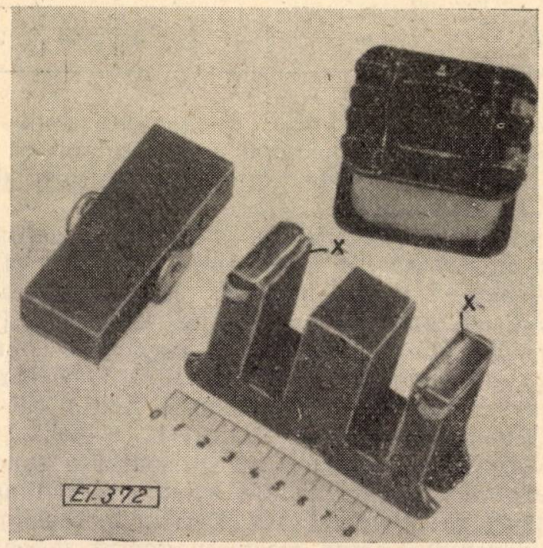


Fig. 10. Electromagnetul contactorului AEG tip L 103—9— 380 V 100 A:
x — teşirea fierului.

Evitarea uzurii prin şoc se realizează prin mai multe metode, ca:

— construirea echipajului mobil dintr-o masă cît mai redusă posibil;

— fixarea elastică a armăturii mobile şi fixe prin cauciuc, opritoare (galeţi) din material plastic (nylon), lamele elastice din oţel şi resoarte;

— fixarea elastică a bobinelor prin cauciuc, lamelă oţel, borne elastice [10], [13], [15].

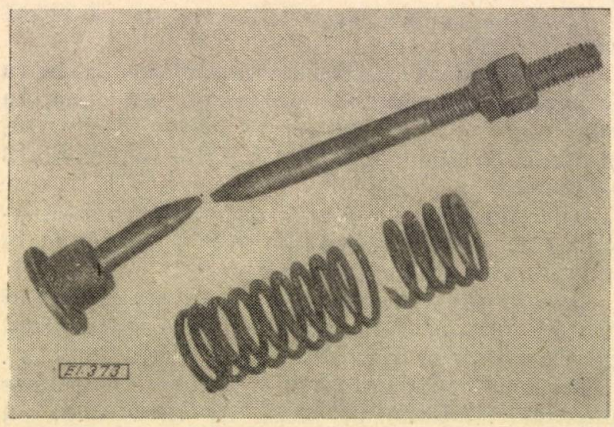


Fig. 11. Resortul antagonist şi suportul resortului contactorului AEG, tip JS-163-WS, după 1,2 × 10^6 acţionări.

O deosebită atenţie trebuie dată structurii materialului miezurilor magnetice, care trebuie realizate din tablă silicioasă de o calitate superioară.

Aspecte de uzură a miezurilor magnetice, ca urmare a şocurilor, s-au constatat după 1,2 x 10^6 acţionări la contactorul AEG — 100 A, tip L 103 — 9. Astfel, suprafeţele miezului fix şi mobil s-au teşit, după cum se observă din figura 10, uzînd complet întrefierul, antiremanent; fenomenul de remanenţă magnetică a provocat lipirea celor două armături, iar contactorul nu şi-a mai îndeplinit funcţia principală de întrerupere [14].

De asemenea, s-a produs ruperea resortului antagonist şi a suportului acestuia la contactorul AEG, tip JS 163 — WS (fig. 11), tot după 1,2 x 10^6 acţionări.

Concluzii

Verificările experimentale ale seriilor de contactoare străine în aer au constituit un mijloc de comparaţie cu contactoarele fabricate de întreprinderea „Electroaparataj", indicînd căile de îmbunătăţire a construcţiei şi tehnologiei contactoarelor din ţară, ca şi căile de înlăturare a dezavantajelor ivite.

Rezultatele acestor verificări au servit întreprinderii „Electroaparataj" la elaborarea seriei unitare de contactoare cu translaţie AC_3 de 10,25, 40, 63, 100 şi 200 A.

Bibliografie

[1] Stas 553-60. Aparate de conectare pînă la 1 000 V şi 3150 A.

[2] C E I Projet de règles de la CEI pour appareillage électrique à basse tension, 2-ème partie, CEI 19, 17 B, 1958.

[3] *Pollak, E.* Cerinţele tehnicii contemporane a comenzilor fabricilor de contactoare. In: E. u. M. **74**, nr. 22, 1957, p. 493—498.

[4] *Babikov, M.* Aparate electrice, vol. **II**. Bucureşti, Editura tehnică, 1959.

[5] *Avramescu, A., Barbu, I.* şi *Fugaru, C.* Materiale pentru contacte de întrerupere rezistente la uzură. In: Electrotehnica **8**, nr. 12, 1960, p. 426—436.

[6] *Caresson, J. E.* Nouveaux contacteurs pour 25—100 A. In: ASEA Revue **31**, nr. 4, 1959, p. 75—80.

[7] Magnitnie puskateli dlia trehfaznih asinhronnih electrodvigatelen. Moscova, 1958, p. 95.

[8] *Dodogovski, N. A.* Zadacii nizlovolitnogo appartostroeniia. In: Vestnik Elektropromişlennost **34**, nr. 1, 1963, p. 4—6.

[9] *Saharov, P. V.* Tehnologia construcţiei aparatelor electrice. Bucureşti, Editura tehnică, 1953.

[10] *Predoiu, C. A.* Aspecte ale evoluţiei constructive a contactoarelor de joasă tensiune în aer. Tendinţe şi contribuţii noi. In: Electrotehnica **10**, nr. 4, 1962, p. 119—135.

[11] Manualul inginerului, vol. **II**. Bucureşti, Editura tehnică, 1955.

[12] *Herbert, Fr.* Entwicklungstendenzen bei Schutzen. In: ETZ — A **75**, nr. 4, 1954, p. 101.

[13] *Engher, E* şi *Darie, R.* Contactoare cu rezistenţă mărită la uzură. In: Electrotehnica **9**, nr. 8, 1961, p. 273—280.

[14] Manualul inginerului electrician, vol. **IV**. Bucureşti, Editura tehnică, 1955.

[15] *Cosmin, Gh.* Realizări şi perspective în construcţia aparatajului electric de joasă tensiune. In: Electrotehnica **8**, nr. 8, 1960, p. 274—279.

Intrat în redacţie la 27.XI.1964.

Alimentarea cu ajutorul generatoarelor electroeoliene a staţiilor de protecţie catodică a conductelor magistrale împotriva coroziunii

Dan Bernfeld * — Bucureşti

CZ 620.193.7: 621.54: 621.313.2

În anii ce au urmat celui de-al doilea război mondial au fost puse în funcţiune o serie de instalaţii energetice utilizînd resurse neclasice sau, cum sînt adesea denumite, neconvenţionale. Astfel în Franţa şi, recent, în R.P. Chineză, R.P.D. Coreană, U.R.S.S. şi în alte ţări se află într-un stadiu avansat punerea la punct a unor centrale electrice maremotrice, utilizînd energia fluxului şi refluxului mărilor. Energia termică conţinută în scoarţa terestră este utilizată în mari centrale geotermoelectrice în Italia, S.U.A., Noua Zeelandă, proiecte fiind în studiu în U.R.S.S. şi alte ţări. Datorită energiei solare au putut fi echipate navele spaţiale cu surse autonome de energie electrică. Şi în ţara noastră s-au descoperit recent importante resurse geotermice, dar cele mai importante resurse energetice neclasice sînt soarele şi vîntul datorită prezenţei lor pe întreaga suprafaţă a globului.

Instalaţiile eoliene alimentează cu succes cu energie electrică în diferite ţări consumatori izolaţi, faruri pentru navigaţie, cabane, aşezări dispersate etc., fiind un mijloc foarte eficace şi în alimentarea cu energie electrică a staţiilor catodice pentru protecţia împotriva coroziunii a conductelor magistrale şi a cablurilor de energie şi de telecomunicaţii. Experienţele efectuate cu succes în Uniunea Sovietică, în acest domeniu al utilizării energiei eoliene, prezintă interes şi la noi în ţară în ceea ce priveşte adoptarea unor instalaţii de acest fel.

În articolul „Stadiul actual şi perspectivele utilizării energiei eoliene în R.P.R.** se prezintă o serie de microagregate electroeoliene pentru alimentarea în curent continuu a unor mici consumatori. Posibilitatea utilizării unor asemenea agregate pentru alimentarea cu energie electrică a staţiilor de protecţie catodică împotriva coroziunii conductelor magistrale a fost întîmpinată cu interes de proiectanţii de conducte ai întreprinderii de extracţie din cadrul Direcţiei generale a gazului metan, care au solicitat redacţiei revistei „Energetica" unele date tehnico-economice suplimentare. Adresîndu-se unui cerc mai larg de specialişti în domeniul proiectării şi exploatării conductelor magistrale, articolul de faţă îşi propune să prezinte o serie de rezultate dobîndite în acest domeniu în U.R.S.S.

Protecţia catodică a conductelor magistrale subterane împotriva coroziunii este tot mai larg folosită, această metodă prelungind simţitor durata lor de exploatare [1]. După cum se ştie, protecţia catodică în forma ei clasică se obţine prin crearea unei diferenţe de potenţial între conductă şi solul înconjurător, rolul de catod jucîndu-l conducta. Această diferenţă de potenţial se realizează cu ajutorul unei surse de curent continuu. Polul negativ se leagă direct la conductă, în timp ce cel pozitiv se leagă la pămînt cu ajutorul unor electrozi de punere la pămînt. O astfel de staţie catodică cuprinde sursa de curent continuu, elemente de măsură şi control, de protecţie, de comutaţie şi reglare, cum şi instrumente de măsură.

Pentru protecţia catodică a conductelor magistrale se utilizează în general staţii catodice cu redresoare cu semiconductoare care se deosebesc de instalaţiile obşnuite prin aceea că lipsesc elementele rotative sau în mişcare, au o deosebită rezistenţă mecanică, sînt în orice moment gata de a intra în funcţiune, sînt sigure în funcţionare, au o durată mare de exploatare şi un randament ridicat.

Traseul conductelor magistrale străbate adesea zone în care lipsesc reţelele de transport şi distribuţie a energiei electrice. În cazul în care în aceste regiuni condiţiile meteorologice sînt favorabile, se pot utiliza pentru protecţia împotriva coroziuni resurse anemoenergetice. Există în acest domeniu o bogată experienţă în Uniunea Sovietică [2] — [8].

Primul agregat pentru alimentarea staţiilor de protecţie catodică a fost elaborat de Institutul central pentru hidroaerodinamică ŢAGHI din Moscova. Caracteristicile acestui agregat, denumit VDU — 3,5, sînt indicate în tabela 1. Pe baza experienţei obţinute în exploatarea acestui agregat au fost elaborate ulterior alte trei agregate: VE-2, VE-3 şi VE-5 ŢAGHI (tabela 1).

În cele ce urmează sînt descrise aceste agregate, soluţiile constructive, modul de funcţionare şi schemele lor electrice.

Agregatele electroeoliene pentru alimentarea cu energie a staţiilor de protecţie catodică a conductelor magistrale

1. Agregatul VDU-3,5 (fig. 1) are un diametru de 3,5 m. Mişcarea de rotaţie se transmite de la rotor la generatorul de curent continuu cu excitaţia în derivaţie, avînd o putere de 1 000 W şi alimentînd o baterie de acumulatoare tip GST — 128 cu o capacitate de 128 Ah.

* *D. Bernfeld* este inginer proiectant principal la I.S.P.E.

** Energetica 9, nr. 9, 1961, p. 358—371.

Tabela 1

Parametrii			Tipul agregatului			
			VDU-3,5	VE-2	VE-3	VE-5
1. Diametrul rotorului	D	m	3,5	2,0	3,0	5,0
2. Numărul palelor	Z	buc.	2	2	2	2
3. Puterea la arborele generatorului pentru $V = 8$ m/s	N	W	1 000*)	150	300	1 000
4. Tensiunea la generator	U	V	28	12	24	120
5. Coeficientul maxim de utilizare a energiei brute	3_{max}	—	0,35	0,37	0,37	0,37
6. Rapiditatea rotorului	—	—	7,0	8,5	8,0	7,0
7. Turaţia rotorului pentru $V = 8$ m/s	n	rot/min	600	600	410	250
8. Viteza minimă de funcţionare	V_{min}	m/s	5	3,8	3,0	3,0
9. Randamentul general	—	%	20	10	14	18
10. Tipul stîlpului	—	—	lemn impregnat	lemn impregnat	lemn impregnat	metalic zăbrelit
11. Înălţimea stîlpului	h	m	8	8—12	8	10—15
12. Greutatea agregatului cu generatorul electric	G	kg	130	50	115	400

* La o viteză de calcul de 15 m/s.

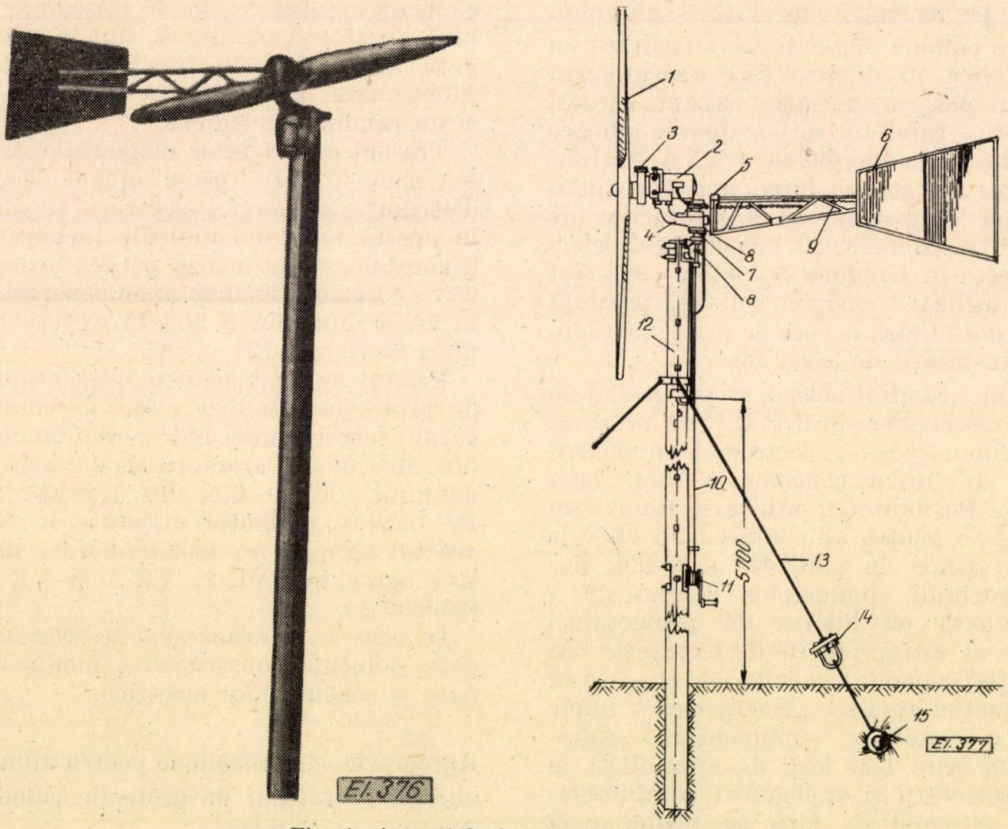


Fig. 1. Agregatul electroeolian VDU-3,5 :

a — vedere generală ; *b* — secţiune prin instalaţie ; *1* — rotor ; *2* — generator ; *3* — reductor ; *4* — cadrul capului ; *5* — articulaţia ampenajului ; *6* — ampenaj ; *7* — ţeavă de sprijin ; *8* — rulmenţii suportului ; *9* — arc de reglare ; *10* — cablu pentru oprire ; *11* — manivelă pentru pornire şi oprire ; *12* — stîlp de lemn ; *13* — ancoraj ; *14* — tender ; *15* — ancoră.

În partea superioară a agregatului, care este rotativă, sînt dispuse generatorul cu reductorul şi suporturile cu role. Agregatul este adus „în vînt" automat, cu ajutorul unui ampenaj. In caz de furtună, agregatul este scos automat „din vînt", rotorul dispunîndu-se cu planul său de rotaţie pe direcţia de mişcare a aerului, în felul acesta preîntîmpinîndu-se o creştere

excesivă a turaţiei. Agregatul este conceput pentru a funcţiona în tampon cu o baterie de acumulatoare.

Pornirea agregatului la vitezele vîntului sub 5 — 6 m/s se face cu ajutorul unui starter. În acest caz, generatorul funcţionează ca un electromotor alimentat de la bateria de acumulatoare. La viteze ale vîntului mai mari de 5 — 6 m/s agregatul este pus nemijlocit în funcţiune de însăşi acţiunea vîntului.

Pentru a se asigura o tensiune constantă la diferite viteze ale vîntului, s-a prevăzut în schema electrică a agregatului un releu regulator vibrator de acţiune rapidă automată. El menţine tensiunea între limitele 26 — 28 V. În cazul în care tensiunea generatorului scade sub tensiunea bateriei de acumulatoare, releul de minimă tensiune deconectează generatorul de la bateria de acumulatoare, evitîndu-se astfel o descărcare inutilă de la baterie spre generator. Releul de minimă tensiune îşi închide contactele la un curent de întoarcere de 5 A, iar atunci cînd tensiunea la generator atinge 24 — 26 V el este conectat din nou la bateria de acumulatoare. Datorită experienţei acumulate în exploatarea agregatului VDU-3,5 s-au putut elucida o serie de aspecte, ca: a) problema reducerii bătăii radiale excesive a rotorului datorită unei insuficiente echilibrări; b) evitarea trecerii uleiului prin presetupele reductorului spre generator; c) posibilitatea reducerii personalului de exploatare calificat. Ca urmare a acestui fapt a fost posibilă asimilarea în continuare şi producerea pe scară largă a agregatelor VE-2, VE-3 şi VE-5 descrise mai jos.

2. Agregatul VE-2 ŢAGHI (fig. 2). Agregatul VE-2 se montează pe stîlpi de lemn ancoraţi, de 8 — 12 m înălţime. Elementele cele mai importante ale instalaţiei sînt rotorul bipal cu un diametru de 2 m şi regulatorul său centrifugal, care are rolul de a limita numărul de rotaţii în cazul cînd vitezele depăşesc 8 m/s, prin rotirea palei în jurul axei sale. Prin aceasta numărul de rotaţii se limitează la 600 — 700 rot/min, datorită cărui fapt se evită distrugerea agregatului pe timp de furtună. Cele două pale goale în interior sînt executate din tablă de oţel şi au o formă aerodinamică, permiţînd funcţionarea instalaţiei în bune condiţii. Demararea agregatului prin rotirea palelor permite pornirea instalaţiei la viteze ale vîntului de 3 — 3,5 m/s. În cazul cînd acest lucru nu este prevăzut, pornirea se face la viteze ale vîntului de 4,5 — 6,5 m/s.

Punerea „în vînt" a instalaţiei se face automat cu ajutorul ampenajului fixat la consola ce

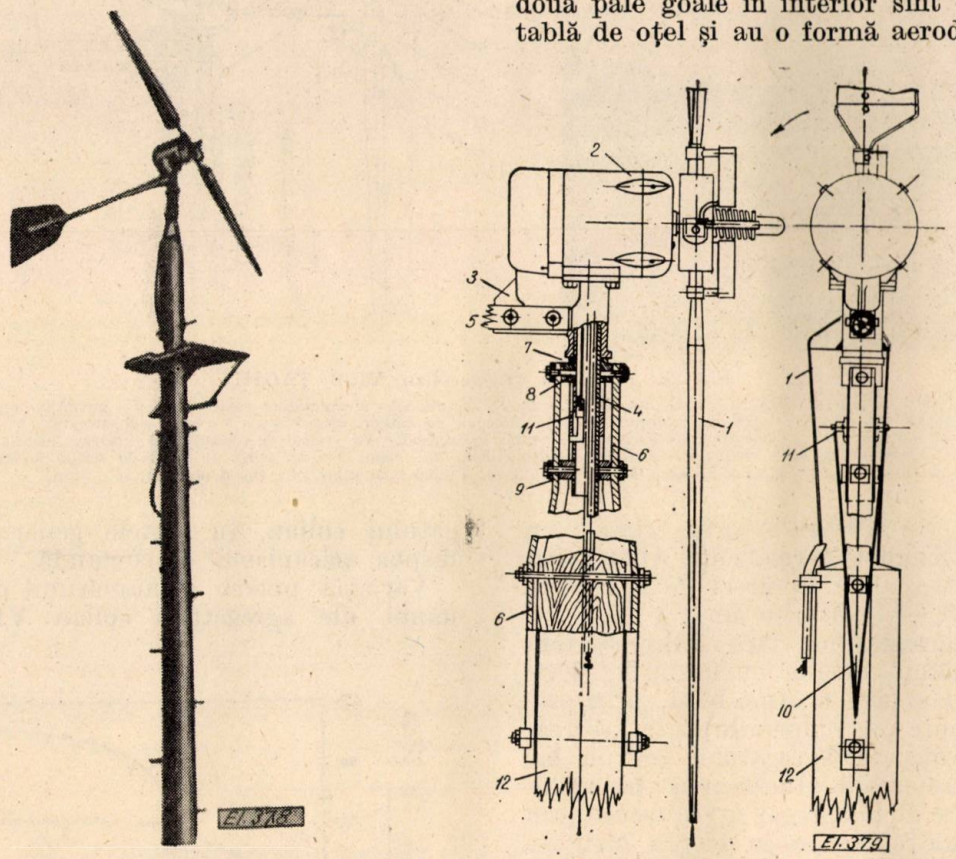
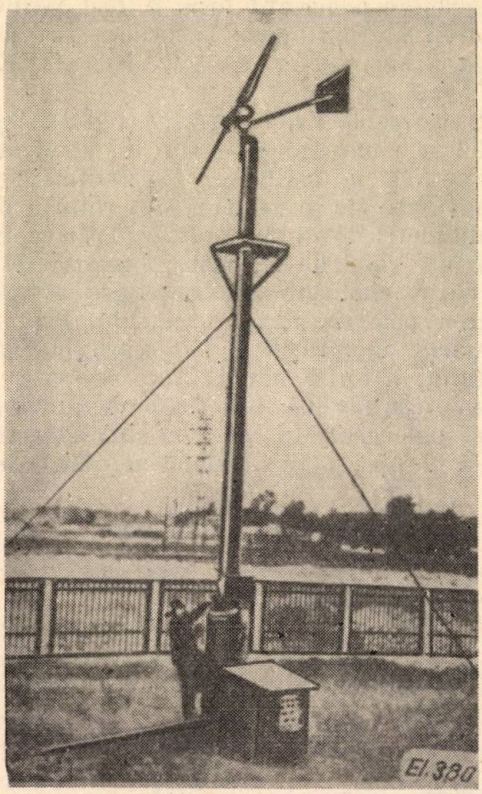


Fig. 2. Agregatul electroeolian VE-2 ŢAGHI:
a — vedere generală; *b* — secţiune prin instalaţie; *1* — pală; *2* — generator; *3* — consolă; *4* — ţeavă de sprijin; *5* — tija ampenajului; *6* — suport tubular; *7* — lagăr; *8* — rulmenţi; *9* — fixarea suportului tubular; *10* — cablu de frînare; *11* — manşon de frînare; *12* — stîlp de lemn.

se roteşte liber în jurul axului vertical datorită a doi rulmenţi şi pe care sînt montate rotorul şi generatorul. La acesta din urmă este prevăzută o frînă comandată printr-o pîrghie fixată la suportul pe care este montat agregatul.



cu un diametru de 3 m, fiind cuplat direct la axul generatorului de curent continuu. Palele goale ale rotorului eolian sînt acoperite cu o foaie de oţel avînd o grosime de 0,5 mm.

Generatorul este de tip cu patru poli de curent continuu, cu poli suplimentari. Puterea generatorului este de 300 W, iar tensiunea de 30 V. Sistemul de excitare este deosebit de simplu, colectorul fiind compus din două perii dispuse sub un unghi de 90°. Pe partea prelungită a axului generatorului se montează rotorul agre-

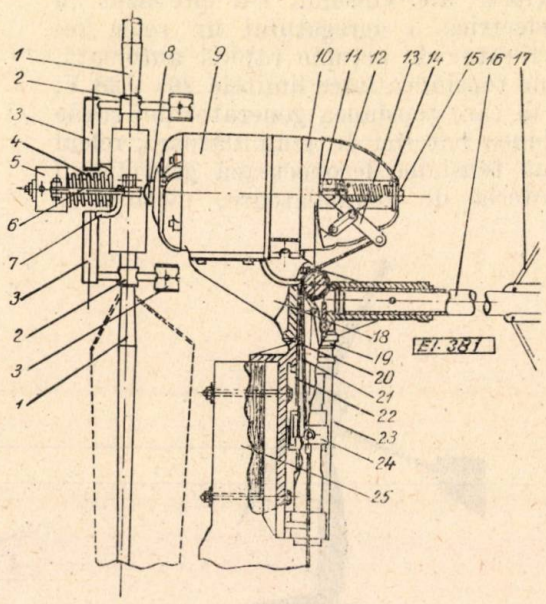


Fig. 3. Agregatul electroeolian VE-3 ŢAGHI:

a — vedere generală; *b* — secţiune prin instalaţie; *1* — axele palelor; *2* — detalii de prindere a greutăţilor centrifugale; *3* — greutăţile regulatorului centrifugal; *4* — arcul regulatorului; *5* — capac; *6* — tija regulatorului; *7* — tije curbe ale greutăţilor centrifugale; *8* — axul generatorului; *9* — generatorul; *10* — carcasa generatorului; *11* — piston; *12* — rulmenţi de presiune; *13* — pîrghia de comandă; *14* — arcul de comandă; *15* — carcasa mecanismului de comandă; *16* — tija ampenajului; *17* — ampenaj; *18* — consola de susţinere a generatorului; *19* — cablu 3 × 2,5 mm²; *20* — inel de sprijin din bachelită; *21* — cablu de comandă; *22* — ţeavă de prindere la stîlp; *23* — piesă de prindere la stîlp; *24* — suport pivotant; *25* — stîlp.

Generatorul tip GPM-130 este trifazic cu excitaţie de la magneţi permanenţi. Antrenarea generatorului se realizează direct de la rotorul eolian, raportul de transmisie fiind 4 : 1.

Greutatea agregatului, fără stîlp şi fără panoul de comandă, este de numai 50 kg. Evitarea acţiunii corosive a atmosferei, prin precipitaţii, diferenţe de temperatură etc., se realizează prin vopsirea agregatului cu un lac rezistent la umezeală. Încărcarea bateriilor de acumulatoare de la agregat se realizează prin intermediul unor redresoare cu seleniu montate în panoul de comandă. Redresoarele au în acelaşi timp şi rolul de releu de curent invers şi nu permit descărcarea bateriei de acumulatoare în înfăşurările generatorului atunci cînd, ca urmare a scăderii vitezei vîntului şi deci a reducerii numărului de rotaţii ale agregatului, tensiunea scade la bornele generatorului sub tensiunea bateriei de acumulatoare.

3. Agregatul VE-3 ŢAGHI (fig. 3) este format dintr-un rotor eolian bipal rapid prevăzut, ca şi în cazul agregatului VE-2 ŢAGHI, cu un regulator centrifugal de turaţie, rotorul, gatului eolian. În spatele generatorului este dispus mecanismul de comandă.

Variaţia puterii şi numărului de rotaţii pe minut ale agregatului eolian VE-3, funcţie

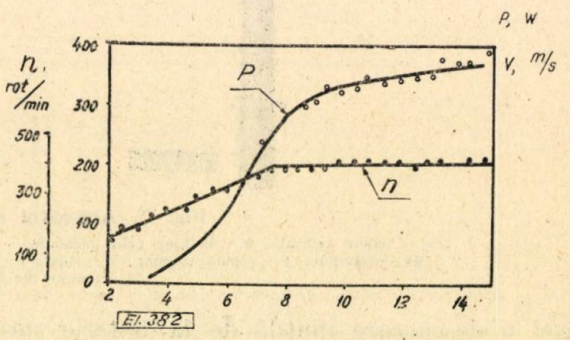


Fig. 4. Variaţia puterii şi a turaţiei motorului eolian VE-3 ŢAGHI funcţie de viteza vîntului.

de viteza vîntului stabilită la încercarea acestui agregat la staţiunea de încercări de la Podolsk, este cea prezentată în diagrama din figura 4.

Din analizarea diagramei rezultă că creşterea puterii şi a turaţiei are loc cu creşterea vitezei vîntului. Începînd cu o viteză de 8 m/s, creşterea puterii şi îndeosebi a turaţiei este insensibilă. De aci se poate trage concluzia că viteza optimă de funcţionare a vîntului este cuprinsă între aproximativ 7 şi 9 m/s, peste această valoare puterea crescînd puţin o dată cu creşterea vitezei vîntului; sub această valoare, o dată cu scăderea vitezei vîntului, puterea scade brusc, de la circa 5 m/s în jos, energia livrată fiind minimă.

4. Agregatul VE-5 ŢAGHI, conceput pentru alimentarea în curent continuu 120 V a staţiilor intercolhoznice de radioficare sau pentru consum limitat de iluminat, a dat rezultate excepţionale la alimentarea staţiilor de protecţie catodică a conductelor magistrale. Instalaţia de încărcare este compusă din agregatul eolian reprezentat în figura 5 montat pe un stîlp metalic de 10 m sau în unele cazuri pe un stîlp de lemn impregnat, bateria de acumulatoare compusă din 9 acumulatoare G STE 128 şi pupitrul de comandă. Generatorul electric este sincron de tip închis GP — 1600, are o putere de 1,6 kVA, 120 V, 1 000 rot/min, rotorul fiind compus din 8 poli de magnet permanent.

Agregatul începe să funcţioneze debitînd curent la $V_{min} = 3{,}5$ m/s şi $n_s = 100$ rot/min. La această viteză a vîntului el poate fi pus în funcţiune cu un unghi de incidenţă al palelor $\gamma = 45°$. La unghiul normal de funcţionare ($\gamma = 7°$), agregatul demarează numai la viteza vîntului de $V = 6$ m/s.

5. Performanţele agregatelor. În tabela 2 se dau performanţele agregatelor utilizate în mod

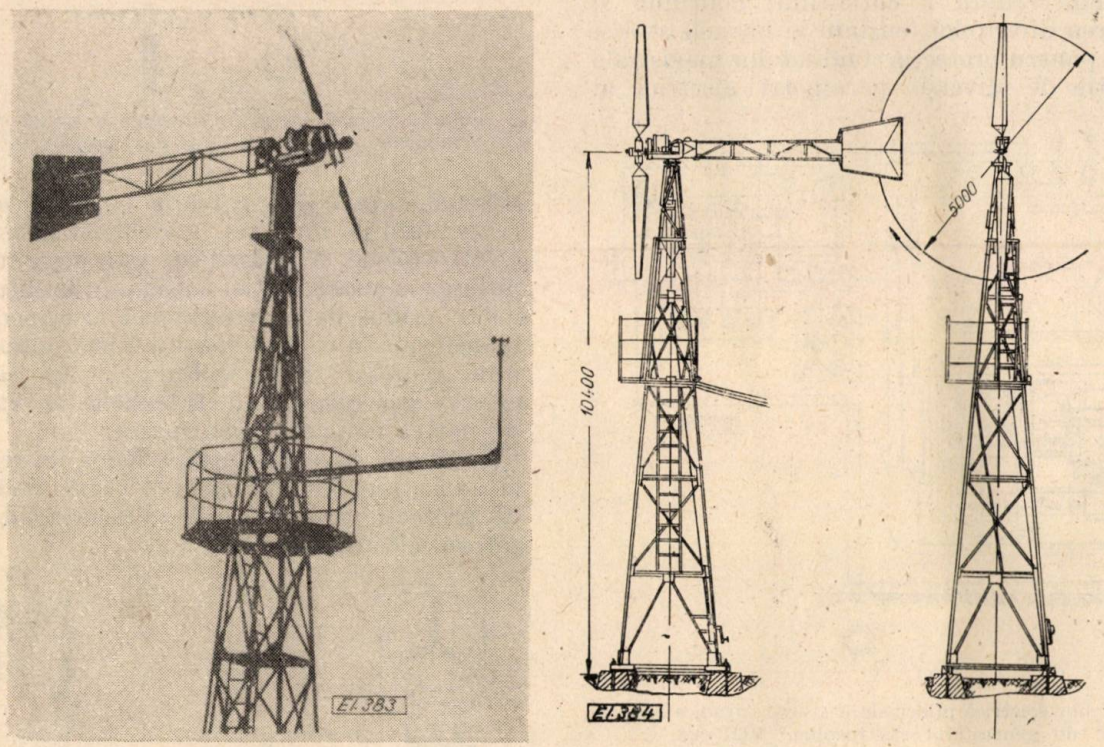


Fig. 5. Agregatul electroeolian VE-5 ŢAGHI:
a — vedere generală; *b* — secţiune prin instalaţie.

Tabela 2

Tipul agregatului	Performanţe la diferite viteze V = m/s							
	3.5	4	5	6	7	8	15	25
1. VE-2 ŢAGHI turaţia n (rot/min)	270	300	350	415	490	540	630	770
puterea N(W)	0	4	22	46	70	97	125	150
tensiunea U(V)	13	13	13,5	13,8	14,1	14,1	15,2	15,6
2. VE-3 ŢAGHI turaţia n(rot/min)	270	280	300	330	360	400	450	490
puterea N(W)	10	30	70	130	200	300	360	400
tensiunea U(V)	22	23	24,5	26,5	28	30	31	33
3. VE-5 ŢAGHI turaţia n(rot/min)	105	115	135	160	200	250	270	290
puterea N(W)	50	100	300	560	830	1 000	1 080	1 180
tensiunea U(V)	108	110	117	125	132	135	140	145

curent în U.R.S.S. pentru alimentarea staţiilor de protecţie catodică a conductelcr magistrale. Din tabelă rezultă regimul eolian optim pentru funcţionarea fiecărui agregat în parte, pe această bază putîndu-se estima cel mai favorabil tip de agregat pentru o regiune sau alta a ţării noastre în funcţie pe de o parte de potenţialul eolian din punctul considerat, şi pe de altă parte de puterea necesară.

Într-o primă estimare rezultă că e favorabil agregatul VE-3 ŢAGHI, datorită atît diametrului relativ redus al rotorului, fapt care duce la o economicitate sporită a instalaţiei, cît şi datorită puterii dezvoltate.

Schemele electrice ale staţiilor de protecţie catodică alimentate de generatoare electroeoliene

Staţiile catodice au rolul de a asigura furnizarea neîntreruptă a curentului continuu şi menţinerea diferitelor tensiuni la bornele staţiei catodice pentru protecţia conductelor magistrale în funcţie de diverşii parametri electrici ai

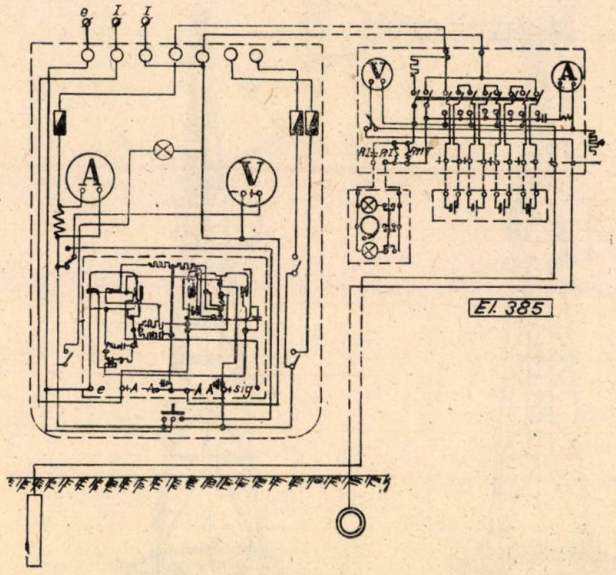


Fig. 6. Schema electrică principală a staţiei catodice alimentate de generatorul electroeolian VDU-3,5.

instalaţiei. Această condiţie impune utilizarea unor baterii de acumulatoare şi a unor dispozitive electrice speciale de redresare a curentului, precum şi elemente de automatizare.

Alegerea capacităţii necesare a bateriilor de acumulatoare depinde de regimul eolian al regiunii în care este amplasată staţia catodică şi de puterea necesară. Datele asupra vitezelor vîntului se pot lua, indicativ, din materialele statistice ale Institutului meteorologic central, utilizarea lor practică necesitînd însă o prelucrare laborioasă şi o interpretare energetică critică.

Sînt utilizate diferite scheme electrice de conexiuni ale staţiilor catodice alimentate de generatoare electroeoliene. Astfel în figura 6 se prezintă schema staţiei catodice alimentate de generatoarele electroeoliene VDU-3,5 şi VE-3.

Staţia catodică KVS-2 alimentată de generatorul electroeolian VE-2 are schema electrică principală din figura 7. Aşa cum rezultă din

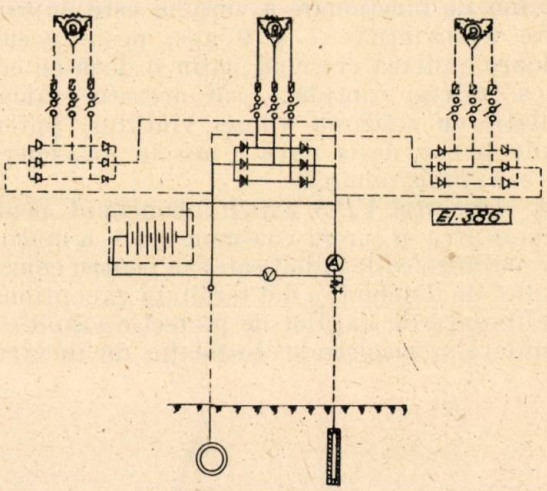


Fig. 7. Schema electrică principală a staţiei catodice alimentate de generatorul electroeolian VE-2.

schemă, staţia de protecţie catodică poate fi alimentată de unul sau mai multe generatoare electroeoliene. Numărul lor este determinat de puterea necesară staţiei catodice. Curentul alternativ primit de la generatorul electroeolian se transformă în curent continuu prin intermediul unui redresor trifazic. Cuplarea în paralel a cîtorva generatoare electroeoliene se realizează pe partea de curent continuu.

În figura 8 se prezintă schema de redresare şi aparatajul aferent pentru cazul cînd staţia de protecţie catodică este alimentată de generatorul electroeolian VE-5.

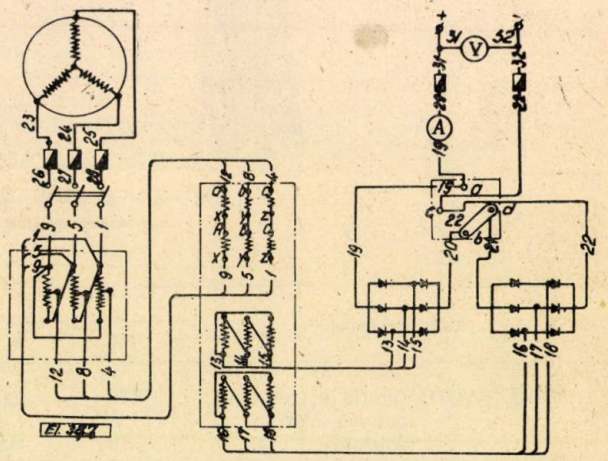


Fig. 8. Dispozitivul de redresare pentru staţia alimentată de generatorul electroeolian VE-5.

Pentru evitarea intrării prafului sau apei în interiorul staţiei şi pentru protecţia aparatajului se foloseşte un dulap metalic special în care sînt montate autotransformatorul format din

3 autotransformatoare de tip Latr-1, un autotransformator trifazic special, două redresoare cu seleniu formate din elemente VS—251 şi altele.

În figura 9 se prezintă schema electrică a staţiei catodice KSV-5 alimentată de un generator electroeolian VE-5, precum şi dispozitivele

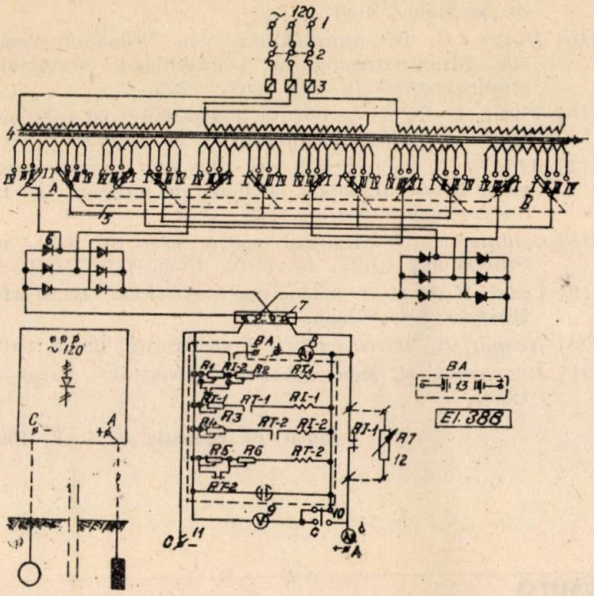


Fig. 9. Schema electrică principală a staţiei catodice alimentate de generatorul electroeolian VE-5 :

1 — borne; *2* — întreruptor; *3* — element cu seleniu; *4* — transformator; *5* — comutatoare; *6* — element cu seleniu; *7* — dispozitiv de conectare; *8* — ampermetru; *9* — voltmetru; *10* — comutator; *11* — borne; *12* — rezistenţe; *13* — baterii de acumulatoare.

de redresare a curentului şi de automatizare. Tensiunea este transmisă prin intermediul unui dispozitiv de comutare de la bornele generatorului la transformatorul coborîtor. Curentul alternativ cules din secundarul transformatorului este redresat în curent continuu cu ajutorul unui redresor trifazic.

Agregatul microelectroeolian IMC-830 realizat în Republica Socialistă România

Un colectiv sub conducerea ing. Fl. Patrichi de la Institutul meteorologic din Bucureşti a realizat, la atelierul de mecanică fină din cadrul serviciului tehnic al IMC [9], un microagregat electroeolian avînd caracteristicile de mai jos :

— diametrul . . . . . $D = 830$ mm;
— numărul palelor . . . $Z = 2$;
— coeficientul de utilizare a energiei eoliene 0,36;
— turaţia la $V = 8$ m/s .... $n = 1\,000$ rot/min;
— puterea nominală a generatorului . . . $N = 40$ W;
— acumulatorul 200 Ah, 12 V.

Primele studii au fost efectuate în 1957, prototipul microagregatului electroeolian fiind introdus în producţie/în 1959. În luna martie 1960 instalaţia a fost montată şi pusă în funcţiune pe teritoriul Observatorului de fizică atmosferică de la Afumaţi, în apropiere de Bucureşti. Aparatul este destinat alimentării cu energie a unei staţii meteorologice automate care transmite automat, prin semnale Morse, valori meteorologice

Prin schema şi prin destinaţia sa agregatul microelectroeolian IMC 830 este oportun să fie încercat în staţiile de protecţie catodică a conductelor magistrale. Ca şi în cazul alimentării staţiilor meteorologice automate, avantajul funcţionării fără supraveghere a agregatului IMC 830 va avea o influenţă pozitivă şi în cazul utilizării sale la staţiile automate de protecţie catodică.

Concluzii

Aşa cum rezultă din tabela 1, agregatele electroeoliene perfecţionate VE-3, VE-5 şi VE-2 necesită pentru funcţionare o viteză minimă a vîntului de circa 3 m/s. Deoarece potenţialul care se creează în jurul conductei de protejat este persistent, aşa cum rezultă din studiile recente ale specialiştilor francezi, şi permite o intermitenţă în funcţionarea agregatelor eoliene, regimul eolian nu este determinant, spre deosebire de cazul alimentării cu energie a consumatorilor conform unui grafic de sarcină prestabilit.

Pe întreg teritoriul ţării agregatele perfecţionate descrise pot alimenta cu succes staţiile de protecţie catodică utilizînd orele în care viteza vîntului depăşeşte 3 m/s.

Date preliminare asupra regimului eolian al ţării sînt cuprinse în publicaţiile energetice şi meteorologice din ţara noastră din ultimii ani.

Eficienţa în funcţionare a acestor agregate electroeoliene în cadrul staţiilor de protecţie catodică va putea fi stabilită concret numai prin amplasarea şi exploatarea lor experimentală în diferite regiuni ale ţării.

Un agregat electroeolian realizat în ţară şi care poate alimenta staţii de protecţie catodică de putere limitată este microagregatul electroeolian IMC 830 descris mai sus, proiectat şi executat în întregime în ţara noastră.

Se impune de asemenea într-o primă etapă experimentarea în condiţiile regimului eolian specific ţării noastre a agregatelor electroeoliene de tipul celor descrise în capitolul 2, şi care în U.R.S.S. au dat rezultate pozitive.

Pentru introducerea cu succes a acestor instalaţii în condiţiile specifice ţării noastre este necesară folosirea aprofundată a experienţei dobîndite în acest domeniu în tehnica mondială şi reflectată în numeroase publicaţii de specialitate [10], [21].

Bibliografie

[1] *Moisil, Gh.* Protecţia catodică a reţelelor metalice subterane. Bucureşti, 1958.

[2] *Borisov, V. V.* Ispolzovanie energhii vetra na maghistralnîh truboprovodah. In : Energheticeskii biuleten nr. 9, 1955, p. 10—12.
[3] *Glazkov, V. I., Dorosenki, P. G.*, și *Kotik, V. G.* Zaşcita maghistralnîh truboprovodov ot podzemnoi korozii. Moscova, Gostoptehizdat, 1960.
[4] *Kotik, V. G.*, și *Glazkov, V. I.* Protektornaia zaşcita maghistralnîh truboprovodov. In : Novaia neftianaia tehnica, nr. 3, 1958.
[5] *Mihailov, M. I.* Zaşcita mejdugorodnîh kabelei sviazi ot korozii. Ed. Sviazizdat, 1953.
[6] *Pritula, V. A.* Katodnaia zaşcita truboprodov i rezervuarov. Ed. Gostoptehizdat, 1950.
[7] *Spirin, A. A., Tekun, N. A.* și *Salam-Zade, M. M.* Elektriceskaia zaşcita podzemnîh metaliceskih sooruienii ot korozii. Ed. Azneftehizdat, 1954.
[8] *Franțevici, H. H., Hruşceva, E. V.* și *Franțevici-Zabludinskaia, T. F.* Katodnaia zaşcita maghistralnîh truboprovodov. Ed. Gosudarstvennoe izdatelstvo literaturî po stroitelstvu i arhitekture, 1951.
[9] *Patrichi, Fl.* Stație automată meteorologică construită în cadrul Institutului meteorologic central. In : Meteorologia, hidrologia și gospodăria apelor, vol. V, nr. 3, 1960, p. 213—214.
[10] *Putnam, P. C.* Power from the wind. New York, van Nostrand, 1948.
[11] *Jakobs, M. L.* Experience with Jakobs wind-driven electric genereting plant 1931—1957. Raportul W/22 la conferința O.N.U. de la Roma, 1961.
[12] *Oniga, T.* Caracteristicas brasileiras para o aproveitamento de energia eolica. Raportul 4 ; 4.1 la sesiunea parțială a C.M.E. de la Rio de Janeiro, 1954.
[13] *Cambilargiu, E., F. de Medina*, Investigaciones para la utilizacion de la energia del viento en el Uruguay. Sesiunea parțială de la Madrid a C.M.E., Raportul II C/8, Madrid, 1960.
[14] *Frenkiel, J.* Wind flow over hills in relation to wind power utilization. Raportul W/33 la conferința O.N.U. de la Roma, 1961.
[15] *Hutter, U.* Die Entwicklung von Windkraftanlagen zur Stromerzeugung in Deutschland. Windkraftstudiengesellschaft, Stuttgart, 1955.
[16] *Vadot, L.* La production de l'électricité par éoliennes. In : La houille blanche, nr. 1 și 5, 1959.
[17] *Ailleret, P.* La recherche des sites qui pourraient convenir à une utilisation de l'énergie du vent. In : La météorologie, 1948, p. 145—152.
[18] *Golding, E. W.* Electrical energy from the wind. In : Proceedings I.E.E., nr. 6/A, 1955, p. 677—695.
[19] *Ledacs-Kiss, A.* A szélenergia hasnositasa. Budapesta, Müszaki Könyvkiado, 1963.
[20] *Kaspar, F.* Vetrné motory a elektrarny. Praga, 1948.
[21] *Rynkowski, H.* Male elektrownie wiatrowe. Varşovia, 1958.

Intrat în redacție la 4. V. 1965

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Despre protecția aparatelor electrice de măsură folosind dispozitivele semiconductoare

Ionel Radu și Adriana Brill * — București

CZ 621.316.925·42/45 : 621.314.65

Din practica utilizării aparatelor electrice de măsurări (ampermetre, galvanometre, voltmetre etc.) a rezultat necesitatea creării unor dispozitive de protecție pentru a preîntîmpina efectele unor suprasolicitări. Cazurile de suprasolicitări fiind frecvente și neprevăzute, circuitele de protecție își justifică folosirea și economicitatea. Dispozitivele semiconductoare cunosc în ultimul timp o dezvoltare din ce în ce mai mare, găsesc aplicații și în protecția aparatelor electrice de măsurare, înlocuind cu succes dispozitivele de protecție electrice, termice, electromecanice sau electromagnetice.

Bazîndu-ne pe proprietățile diodelor cu joncțiune (tunel și Zener), dăm mai departe două scheme de protecție care se referă la protejarea voltmetrelor (fig. 3) și la protejarea ampermetrelor (fig. 6, 8). Pentru lămurirea schemelor propuse se dau cîteva date cu privire la diodele cu joncțiune cu siliciu, denumite în mod curent diode Zener.

Protecția voltmetrelor

Caracteristica curent-tensiune a unei diode Zener în sensul de conducție este similară cu a altor diode semiconductoare.

La polarizarea inversă a diodei, pentru o anumită valoare a tensiunii, se produce o străpungere reversibilă a joncțiunii. În acest caz, curentul crește brusc, caracteristica lui devenind o paralelă la axa ordonatelor, tensiunea rămîne, practic, constantă, iar rezistența diferențială este foarte mică. În regiunea străpungerii, forma caracteristicii este similară cu

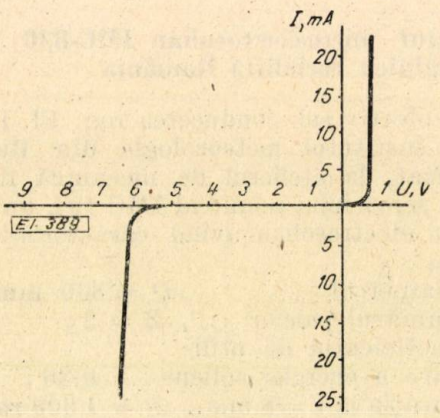


Fig. 1. Caracteristica curent-tensiune a unei diode Zener.

aceea a stabilizatoarelor cu tuburi cu descărcări în gaz. Tensiunea de străpungere a diodelor Zener are proprietatea de a fi stabilă la varierea

* Ing. *I. Radu* este inginer principal la Institutul de cercetare și proiectare pentru industria electrotehnică, iar ing. *A. Brill* este cercetător științific la același institut.

diverșilor parametri ai mediului exterior și, de asemenea, în timp ; se pot lua în considerare valori diferite, conform tabelei 1, ceea ce poate extinde aplicabilitatea acestor diode la o gamă largă de instrumente de măsurare.

Tabela 1

Țara sau firma producătoare	Indicativul	Tensiunea de străpungere, V	Curentul de lucru, A	Rezistența dinamică, Ω	Puterea disipată, W	Coeficientul de temperatură, %/°C
U.R.S.S.	Δ—809	8—9,5	5	< 10	0,28	<0,08
	Δ—813	11,5—14	5	< 18	0,28	<0,095
R.S.C. (Tesla)	1NZ—70	5—6	100	1—2	1,25	−0,03..+0,05
	7NZ—70	13,5—16,5	50	6—11	1,25	−0,05..+0,09
	8NZ—70	16,2—20	25	10—18	1,25	−0,05..+0,09
S.U.A.	IN 725	27—33	4	< 42	0,25	—
	IN 735	68—82	2	< 240	0,25	—
	IN 1375	90—110	50	< 40	10	—
	IN 745	180—220	1	<1 400	0,25	—

În ultimul timp se produc diode Zener, compensate termic, cu coeficient de temperatură foarte mic, ceea ce se realizează sau prin compensarea cu joncțiuni suplimentare polarizate direct sau prin combinarea mai multor diode polarizate invers. S-a ajuns pînă la realizarea unui coeficient de temperatură $\alpha < 10^{-5}$. Dezavantajul acestora constă în aceea că α depinde de curentul ce parcurge dioda.

Particularitățile diodelor Zener se pot discuta pe baza curbelor din figura 2.

Caracteristicile diodelor sînt reprezentate la două temperaturi diferite ; curbele cu linia punctată corespund unei temperaturi mai mari. La caracteristicile curent-tensiune se observă că, cu cît tensiunea de străpungere crește, cu atît curbele sînt mai rectilinii și devin aproape paralele cu axa curentului, iar rezistența dinamică se micșorează. Străpungerea diodelor este mai netă la tensiuni cuprinse între 7 și 9 V. Comparînd curbele acelorași diode la temperaturi diferite se observă o deplasare a lor către tensiuni mai mari, între 6 și 9 V, cînd temperatura crește și o deplasare spre tensiuni mai mici, între 3 și 6 V (fig. 2). Acest fenomen poate fi folosit în cazul cînd sînt necesare tensiuni mai mari pentru aceleași diode.

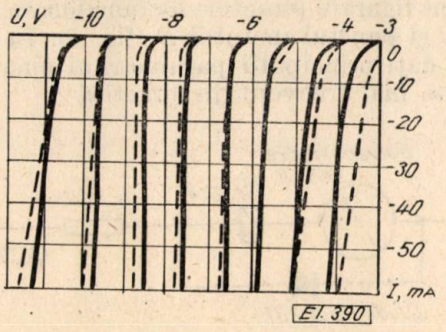


Fig. 2. Caracteristici curent-tensiune ale unor diode Zener cu diferite tensiuni de străpungere, în sens invers de conducție, la două temperaturi (linia punctată este cea de temperatură mai mare).

Pentru a proteja voltmetrele împotriva suprasolicitărilor la tensiune se utilizează diode Zener, montate așa cum se arată în figura 3.

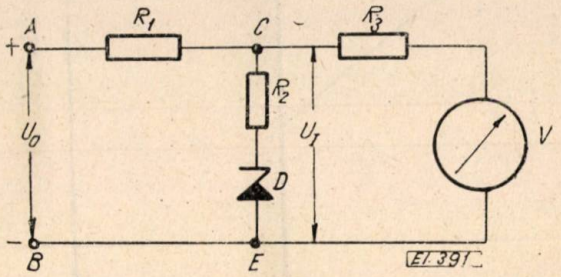


Fig. 3. Schema de protecție cu diodă Zener a unui voltmetru.

Se observă că dioda Zener este montată în paralel pe instrumentul de măsurare avînd rolul de stabilizator de tensiune. In punctele A și B (fig. 3) se aplică tensiunea U_0 de măsurat. Ea este divizată de rezistențele R_1 și R_3, astfel încît între punctele C și E ale instrumentului de măsurare propriu-zis apare tensiunea :

$$U_I = \frac{R_3}{R_1 + R_3} U_0, \qquad (1)$$

unde R_3 se consideră rezistența galvanometrului.

Rezistența R_2, reprezentînd dioda Zener, pentru tensiunile normale de lucru ale instrumentului este, practic, infinită :

$$R_2 \gg R_1 + R_3 \text{ (pentru } U_I < U_z),$$

astfel încît în schemă vor conta numai rezistențele R_1 și R_3.

Dacă U_0 crește la valori $U_0 > U_z$ (U_z fiind conform figurii 4 tensiunea constantă de deschidere a diodei Zener), instrumentul suportă o supratensiune :

$$\Delta U_I = U_z - U_{I\,max}. \qquad (2)$$

Diferența de tensiune între U_0 și U_z :

$$U_{R_1} = U_0 - U_z \qquad (3)$$

este preluată de rezistența R_1 (fig. 4). Astfel, sistemul poate prelua supratensiuni pînă la valoarea $U_{0\,max}$ condiționată de posibilitățile diodei Zener utilizată. În cazul unei supratensiuni, curentul care trece prin instrument are valoarea:

$$I_{I_S} = \frac{U_z}{R_3}; \qquad (4)$$

curentul care traversează dioda Zener va fi:

$$I_z = I_{R_1} - I_{I_S}, \qquad 5)$$

$$I_z = \frac{U_0 - U_z}{R_1} - \frac{U_z}{R_3}. \qquad (6)$$

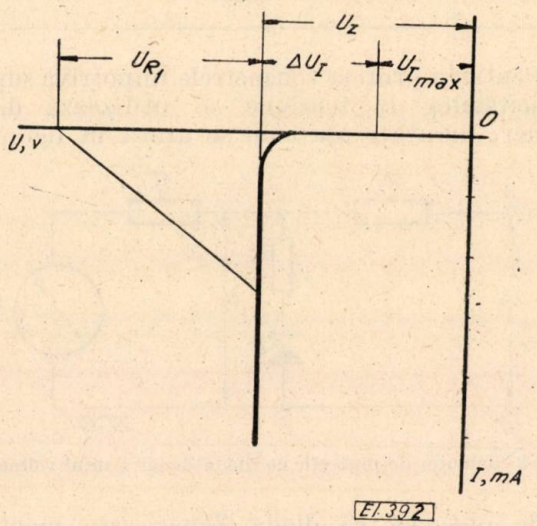


Fig. 4. Diagramă de funcționare a protecției cu diodă Zener.

Aceasta nu poate depăși curentul maxim admisibil $I_{Z\,max}$ pentru dioda utilizată. Punînd această condiție rezultă:

$$I_{z\,max} = \frac{U_{0\,max} - U_z}{R_1} - \frac{U_z}{R_3}. \qquad (7)$$

de unde:

$$U_{c\,max} = R_1 I_{z\,max} + \frac{R_1 + R_3}{R_3} \cdot U_z. \qquad (8)$$

Dioda Zener se alege cu o astfel de tensiune inversă de deschidere U_z, încît supratensiunea ΔU_1 să se încadreze în limitele admisibile ale instrumentului. Alegerea diodei se face deci ținînd seamă de supratensionarea admisibilă a instrumentului (2) și de supratensiunile maxime ce apar (8). Timpul de comutare a dispozitivului este de ordinul fracțiunilor de microsecundă, astfel încît răspunsul este mult mai rapid decît al sistemelor de protecție electromagnetice. Eficiența și utilitatea montajului sînt evidente, ținînd seamă de simplitatea lui.

Protecția ampermetrelor

Cu privire la protejarea ampermetrelor și galvanometrelor se propune schema din figura 6, care utilizează o diodă-tunel. Ca și în cazul anterior, considerăm necesar explicarea caracteristicilor acestor diode, înainte de prezentarea schemei propriu-zise.

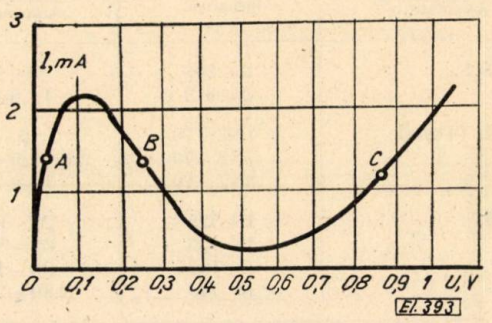


Fig. 5. Caracteristica curent-tensiune a unei diode-tunel.

Diodele-tunel sînt executate în mod curent din germaniu sau arseniu-galiu cu zona de joncțiune foarte subțire. Efectul tunel pe care se bazează funcționarea lor constă în posibilitatea ca electronii să treacă prin bariere de potențial, considerate nepenetrabile pentru particule naturale elementare. Însușirea principală a diodelor-tunel este viteza mare de comutare, care ia valori pînă la 10^{-9} s. Aceste diode sînt capabile să funcționeze într-un interval larg de temperatură. Caracteristica de funcționare a unei diode-tunel este reprezentată în figura 5. Se observă că dioda prezintă o caracteristică cu o porțiune de pantă negativă, care poate avea multiple întrebuințări (de exemplu în schemele de protecție). Pe caracteristică sînt figurate punctele de funcționare stabilă A și C și punctul instabil B (fig. 5). În tabela 2 sînt dați principalii parametri ai unor diode întîlnite mai frecvent în practică

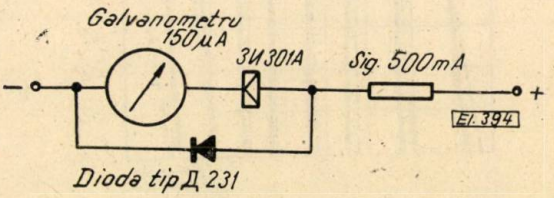


Fig. 6. Schema de protecție cu diodă-tunel și diodă cu siliciu a unui galvanometru în curent continuu.

Pentru protejarea galvanometrelor poate fi utilizată o diodă-tunel în montajul din figura 6.

Instrumentul funcționează cu un curent maxim de 150 μA. Dioda-tunel 3И 301A este astfel aleasă încît minimul caracteristicii să fie în jurul valorii 150 μA, iar maximul ei să nu fie prea mare. Punctul de funcționare normală

Tabela 2

Diodă-tunel tip	Curent maxim, mA	Raportul I_{max}/I_{min}	Tensiunea maximă, mV	Capacitatea, pF
1 и 302 А	1,7—2,3	4,5	<60	80
1 и 302	4,3—5,8	4,5	<60	150
1 и 302 В	8,5—11,5	4,5	<60	180
1 и 302	13—17	4,5	<60	200

Diode arseniu-galiu	Curent maxim, mA			Raportul I_{max}/I_{min}	Tensiunea maximă, V	Capacitatea, pF
	+25°C	+70°C	−60°C			
3 и 301 А	2	1,5—2,4	1,4—2,7	8	< 0,18	12
3 и 301	5	4,2—5,5	3,9—6,2	8	< 0,18	25
3 и 301 В	5	4,2—5,5	3,9—6,2	8	< 0,18	25
3 и 301	10	8,4—11	8—12	8	< 0,18	50

a instrumentului se găseşte în A (fig. 7). Depăşind valoarea de 150 μA, punctul de funcţionare se deplasează, ajungînd, în cazul unor suprasolicitări mari, în B şi apoi, prin basculareа montajului, în C. În această situaţie,

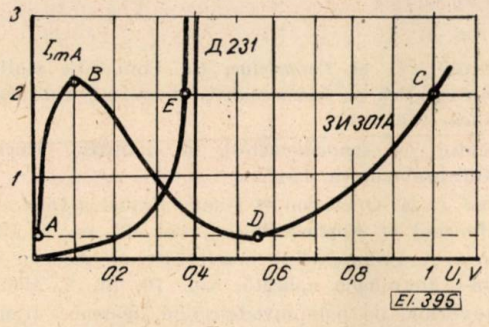


Fig. 7. Diagrama de funcţionare a schemei de protecţie cu diodă-tunel şi diodă cu siliciu.

rezistenţa diodei-tunel este mult mai mare decît rezistenţa ce o avea în punctul A :

$$R_A = 40\ \Omega$$

$$R_C = 150\ \Omega,$$

iar rezistenţa diodei (Д231) este în jurul valorii :

$$R_E = 15\ \Omega.$$

Se observă că galvanometrul înseriat cu dioda-tunel este dispus în paralel cu dioda Д 231, care are în regiunea OA o rezistenţă R_A, practic infinită faţă de rezistenţa diodei-tunel. În regiunea sub 150 μA, rezistenţa galvanometrului R_G şi a diodei-tunel reprezintă o valoare mult mai mică decît rezistenţa diodei :

$$R_G + R_E \ll R_A$$

şi curentul va circula, practic, numai prin galvanometru şi prin dioda-tunel. La depăşirea valorii maxime admisibile a curentului prin instrument, mergînd din A către B, rezistenţa diodei-tunel se menţine, practic, constantă. Din punctul B, montajul basculează aşa cum s-a arătat în C şi în acest caz se modifică şi rezistenţa diodei montată în paralel, micşorîndu-se brusc valoarea R_E. În această situaţie :

$$R_G + R_C \gg R_E$$

şi întreaga suprasarcină este preluată de dioda în paralel, adică pentru valori $I > I_{max}$, punctul de funcţionare este punctul E. Suprasolicitarea instrumentului rămîne în cazul aplicării schemei prezentate egală cu diferenţa :

$$\Delta I = I_{max} - I_{min}, \qquad (9)$$

în care :

I_{max} este curentul diodei-tunel în punctul B;
I_{min} — curentul diodei-tunel în punctul A, egal cu valoarea maximă a curentului prin galvanometrul $I_{G\,max}$.

Deci suprasolicitarea instrumentului va fi :

$$\Delta I = I_{max} - I_{Gmax}, \qquad (10)$$

şi cu cît dioda-tunel va avea o diferenţă mai mică între I_{max} şi I_{min}, cu atît suprasolicitarea va fi mai mică ; în orice caz, I_{max} trebuie să corespundă posibilităţilor galvanometrului. După ce suprasolicitarea a dispărut, în timpul scăderii curentului, punctul de funcţionare a diodei-tunel se deplasează de la C spre D şi din D basculează în A, după care instrumentul intră în funcţionare normală. Pentru ca instrumentul să funcţioneze normal trebuie ca, în momentul cînd curentul a revenit la valoarea $I_{G\,max}$, dioda-tunel să funcţioneze în regiunea OA, deci se impune ca :

$$I_{min} \geqslant I_{G\,max}.$$

Pentru siguranţă se alege o diodă-tunel cu I_{min} puţin mai mare decît $I_{G\,max}$.

Pentru ca dioda-tunel să îndeplinească funcţia de comutator cît mai bine, se impune ca raportul R_C/R_A să fie cît mai mare, iar rezistenţa R_A să fie cît mai mică. În plus, pentru o comutaţie eficientă, mai trebuie ca în intervalul de tensiuni $0 \div U_A$, dioda montată în paralel să aibă o rezistenţă, practic, infinită, adică dio-

da să nu conducă, în timp ce pe porțiunea în care se găsește punctul E, rezistența diodei paralel, să fie, așa cum s-a arătat, cît mai mică. Ținînd seamă de aceste condiții, se utilizează, de obicei, diode cu siliciu, care în plus pot să

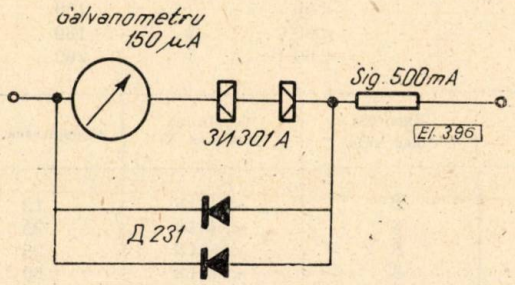


Fig. 8. Schema de protecție a unui galvanometru, funcționînd în curent alternativ.

preia curenți foarte mari în raport cu galvanometrul. Timpul de comutare a unui astfel de montaj este de cîteva nanosecunde, ceea ce face ca solicitările cele mai rapide care apar de regulă în circuite să fie evitate, prin aceasta asigurînd montajului o eficiență ridicată față de sistemele de protecție electrice sau electromecanice. Pentru funcționarea în curent alternativ a instrumentului de măsurare, sistemul de protecție este arătat în figura 8, din care se vede că pentru fiecare alternanță se repetă montajul din figura 6. Explicarea funcționării protecției pentru curent alternativ, ca și concluziile privitoare la parametrii diodelor sînt aceleași ca și pentru protecția în curentul continuu, ținîndu-se seamă că în locul valorilor curenților și tensiunilor continue se vor considera valorile de vîrf în curent alternativ.

Avantaje

Din cele expuse rezultă *avantajele montajelor de protecții* cu diode semiconductoare în comparație cu celelalte metode clasice de protecție, după cum urmează :

— timpul extrem de scurt de funcționare satisface toate necesitățile practice, realizînd astfel o protecție cu mare eficiență a instrumentelor de măsură ;

— reversibilitatea funcționării (după dispariția suprasolicitării montajului intră automat și foarte rapid în stare normală de funcționare) ;

— posibilitatea utilizării în limite foarte largi de valori a suprasarcinilor ;

— eliminarea distorsiunilor și neliniarităților ;

— simplitatea montajului ;

— volumul miniatural ;

— consumul mic de putere ;

— întreținerea ușoară ;

— siguranța foarte mare în funcționare.

Aceste avantaje justifică pe deplin aplicarea pe o scară largă a diodelor semiconductoare la protecția aparatelor de măsurare.

Bibliografie

[1] *Simbotin, C.* și *Tanasiciuc, Cl.* Comutație statică în automatică și telemecanică. București, Editura tehnică, 1965.

[2] Circuite cu semiconductori în industrie. București, Editura tehnică, 1963.

[3] *Mead, C. A.* Operation of Tunnel Emission Devices. In : Journal of Applied Phisics, vol. **32**, nr. 4, 1961.

[4] *Millea, A.* Proprietăți și caracteristici ale diodelor Zener. In : Metrologia aplicată, vol. **10**, nr. 5, 1963.

[5] Spravocinic po poluprovodnicevîm diodam i tranzistoram. Moscova, Izdatelstvo-Energhia, 1964.

[6] *Sommers, H. S.* Tunnel Diodes as High Frequency Devices. In : Proceedings of the I.R.E., nr. 7, 1959.

[7] *Hilsum, K.* Polupiovodniki tipa A III i.B V.

[8] Méthode originale de protection des appareils électriques. In : Radio Télévision pratique, nr. 147, 1963.

[9] Academia nauc latviscei S.S.R. Poluprobodniki i ih primenenie v electrotechnike Izdatelstvo academia, Riga, 1961.

Intrat în redacție la 26. VII. 1965

RECENZII

CZ 621.313.13.026.442

F. D. LĂZĂROIU. **Mașini electrice de mică putere.** București, Editura tehnică, 1965, 459 pag.

Autorul, ing. F. D. Lăzăroiu, conferențiar la Catedra de mașini electrice a Institutului politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej" din București, își propune să prezinte în lucrare, într-o formă unitară, mașinile electrice de mică putere, care au un specific deosebit și relativ dificil în tehnică. Această prezentare este posibilă datorită numeroaselor aspecte comune din punct de vedere funcțional, tehnologic, de proiectare și de încercare, pe care le au aceste mașini, deși din punct de vedere constructiv ele prezintă o mare diversitate. Din acest ultim motiv, autorul se rezumă a prezenta doar tipurile cele mai caracteristice și mai răspîndite, pentru ca astfel cititorul să poată sesiza trăsătura comună a acestor mașini.

În lucrare se prezintă fenomenele, caracteristicile și performanțele mașinilor electrice de mică putere. Pentru unele tipuri de mașini se dau și elemente de calcul, fără a se analiza în mod special proiectarea lor. Afară de mașinile electrice de mică putere propriu-zise, în lucrare sînt prezentate și transformatoarele de mică putere. Sînt tratate de asemenea și probleme legate de tehnologia transformatoarelor și mașinilor electrice de mică putere, cum și încercarea lor.

Alcătuită în acest mod, lucrarea se adresează inginerilor și tehnicienilor care lucrează în domeniul utilizării și fabricării mașinilor electrice de mică putere, fiind utilă și studenților din învățămîntul tehnic superior; multe părți din lucrare sînt accesibile și altor cititori cu nivel tehnic corespunzător.

Conținutul lucrării, pe capitole, este următorul.

Capitolul I (p. 13—82), intitulat „Transformatoare electrice de mică putere", cuprinde mai întîi cîteva considerații generale privind rolul transformatorului, confecționarea miezului feromagnetic, principalele caracteristici, clasificarea și în continuare calculul simplificat al transformatorului de mică putere, recalcularea la repararea și rebobinarea transformatoarelor, proiectarea tehnico-economică a transformatoarelor de mică putere cu tolă fără deșeuri, normală și economică, și transformatoare speciale (transformatoare pentru alimentarea redresoarelor, de sonerie și autotransformatoare).

În capitolul 2 (p. 83—144), intitulat „Motoare asincrone de mică putere", se prezintă motoarele asincrone monofazate (cu fază auxiliară cu condensator de pornire, cu condensator dublu — de lucru și de pornire — cu condensator permanent, cu pol ecranat, motoare asincrone cu rotoare speciale — motoare cu rotorul în pahar și cu rotor masiv) și servomotoare asincrone bifazate (generalități, servomotoare asincrone bifazate cu comandă de amplitudine, cu comandă de fază și cele cu condensator în circuitul de excitație).

Capitolul 3 (p. 145—178), intitulat „Mașini sincrone de mică putere", cuprinde: generalități, motoare sincrone reactive (cu bobinaje statorice concentrate, cu bobinaj statoric distribuit, reductoare, motoare sincrone cu histerezis) și alte motoare sincrone de mică putere (motoare sincrone monofazate reactive, motoare pas cu pas, cu magneți permanenți, motoare tip histerezis cu poli ecranați).

În capitolul 4 (p. 179—211), intitulat „Mașini electrice de curent continuu de mică putere", se prezintă generalități, mașinile electrice de mică putere cu magneți permanenți și servomotoare de curent continuu (cu comandă pe indus și cu comandă pe excitație).

Capitolul 5 (p. 212—258), intitulat „Motoare monofazate cu colector", cuprinde: generalități, motoarele monofazate cu repulsie și motoarele universale cu colector.

Capitolul 6 (p. 259—280), intitulat „Tahogeneratoare", tratează despre tahogeneratoarele de curent alternativ (sincrone și asincrone cu rotor în formă de pahar) și tahogeneratoarele de curent continuu.

Capitolul 7 (p. 281—314), intitulat „Mașini electrice cu bobinaje imprimate, cuprinde generalități, mașina de curent continuu, mașina de curent alternativ (sincronă, asincronă, convertizoare), calculul termic al circuitelor imprimate, determinarea permeanțelor specifice între miezurile polare ale mașinii cu bobinaj imprimat și elemente de calcul ale mașinilor cu circuite imprimate.

În capitolul 8 (p. 315—358) se prezintă „Încercările transformatoarelor și mașinilor de mică putere".

Capitolul 9 (p. 359—447), intitulat „Fabricarea și repararea mașinilor și transformatoarelor de mică putere", cuprinde: specificul tehnologiei și organizării fabricației și reparației mașinilor electrice și transformatoarelor de mică putere, tehnologia turnării, tehnologia pieselor prelucrate prin așchiere, tehnologia pieselor ștanțate, tehnologia miezurilor magnetice, tehnologia pieselor din materiale plastice, tehnologia colectoarelor, tehnologia bobinajelor, tehnologia asamblării și protecția climatică.

Expunînd multilateral problemele legate de funcționarea, tehnologia, proiectarea și încercarea transformatoarelor și mașinilor electrice de mică putere, autorul reușește să prezinte într-o formă unitară întregul domeniu abordat.

Principalele categorii de mașini electrice de mică putere tratate sînt dintre acelea care se întîlnesc frecvent în automatizări, reglaje, electroacustică, utilaje electrocasnice etc.

Unele dintre problemele tratate în lucrare au un caracter original, reluînd aspecte cercetate și publicate separat de autor, ca de exemplu, metode de calcul privind proiectarea tehnico-economică a transformatoarelor de mică putere cu tolă fără deșeuri, normală, mașinile electrice cu cablaj imprimat și unele soluții tehnologice.

Lucrarea este însoțită de o bogată bibliografie, la zi, pe capitole, cuprinzînd și lucrări personale ale autorului.

Lucrarea recenzată se înscrie, ca o carte valoroasă, alături de celelalte lucrări din literatura mondială, de altfel puține la număr, ce abordează domeniul mașinilor electrice de mică putere. Aceasta completează lipsa din literatura noastră tehnică a unei lucrări unitare și complete, pe cît este posibil, din acest domeniu, fiind prima carte cu acest profil tipărită în limba romînă.

I. Bahrin

CZ 538.1: 621.3.013 (021)

P. POINCELOT. **Manual de electromagnetism teoretic** (Précis d'électromagnétisme théorique). Paris, Dunod, 1963, 456 p.

Această lucrare, care este prefațată de Louis de Broglie, conține o expunere clară și riguroasă a teoriei electromagnetismului și o serie de aplicații importante. Autorul își propune să dea o expunere generală a teoriei lui Maxwell și a aplicațiilor ei ținînd seamă de metodele moderne de calcul (cum sînt calculul tensorial și matricial) și referindu-se adesea la teoria relativității restrînse, a cărei legătură cu electromagnetismul este cunoscută.

Lucrarea iese de pe linia tratatelor clasice de electromagnetism și prin aceea că ecuațiile lui Maxwell nu se deduc; autorul pornește de la ele, le postulează. În ultimul timp, această manieră de a trata electromagnetismul teoretic este destul de frecventă și este justificată prin faptul că sistemul de ecuații maxwelliene a fost verificat pe nenumărate cazuri practice.

Pentru a putea citi cu eficiență această lucrare, cititorului îi sînt necesare o serie de cunoștințe prealabile despre: medii conductoare și izolante, sarcină electrică punctuală etc. Atragem atenția că unele noțiuni, ca: sarcină magnetică și curent magnetic au fost evitate pentru motivul că sarcina magnetică nu are existență fizică.

Înainte de a trece la expunerea, în cîteva cuvinte, a ordinii în care este prezentat materialul, vom menționa că sistemul de unități utilizat este așa-numitul sistem SI, o generalizare a sistemului MKSA raționalizat (devenit legal în Franța în anul 1961).

Lucrarea este împărțită în 23 de capitole. În primul capitol, intitulat „Preliminarii matematice", sînt expuse relații cunoscute în general din calculul vectorial, sisteme de coordonate curbilinii ortogonale, calculul tensorial și aplicațiile lui la mecanică, calculul matricial și altele care facilitează lectura cărții.

În capitolul 2, „Ecuațiile cîmpului electromagnetic", se introduc, așa cum arătam mai sus, ca postulate, cele patru ecuații ale lui Maxwell, care stau la baza întregii teorii și din care urmează a fi deduse, în capitolele următoare, legile principale ale electromagnetismului.

Precizăm, cu riscul de a repeta, că acesta este punctul de vedere în fizica modernă, care diferă de cel acceptat de inginerii electrotehnicieni; aceştia obişnuiesc a deduce ecuaţiile lui Maxwell şi nu a le postula.

Capitolul 3 este dedicat sistemului de unităţi SI, amintit. Capitolele 4 şi 5, intitulate „Condiţii la limită", respectiv „Criterii de unicitate pentru soluţiile ecuaţiilor lui Maxwell", au un aspect matematic şi de aceea par la prima vedere mai puţin interesante pentru ingineri. Nimic mai puţin adevărat. Cîteva aplicaţii bine alese de autor pot lesne convinge pe cititor de importanţa practică a problemei condiţiilor la limită şi a unicităţii soluţiei.

Sub denumirea de „Electrostatica" sînt grupate capitolele 6—11. Dintre acestea primele 5 (adică capitolele 6—10) tratează atare probleme ca: energie şi forţe în cîmpul electrostatic, polarizarea dielectricilor, conductorii şi echilibrul electrostatic, distribuţii date ale sarcinilor. Ultimul capitol din această grupă, al 11-lea, „Soluţii ale problemelor electrostaticii", pare a fi cel mai interesant din punctul de vedere al inginerului, el rezolvînd o serie de 20 de probleme importante ale electrostaticii, printre care problema celor două semiplane la potenţiale V_1 şi V_2, a unei benzi la potenţial V_1 între două semiplane la potenţial V_2, condensatorul cilindric circular, cel elipsoidal, problema discului circular şi altele.

Capitolele 12—16 sînt grupate sub denumirea generală „Electromagnetism". Aici sînt redate expresiile vectoriale ale legilor fundamentale ale electromagnetismului (cap. 12), cum şi expresiile tensoriale ale acestora (cap. 13). Foarte important pentru aplicaţii ni s-a părut capitolul 15, „Proprietăţile fundamentale ale cîmpului magnetic". Capitolul 16 este dedicat teoremei lui Poynting. Capitolul 17 se ocupă cu studiul radiaţiei unui dipol electric sau magnetic şi al unei sarcini punctuale, iar următorul este dedicat teoremei de reciprocitate a electromagnetismului teoretic.

Capitolele 19—22 formează împreună baza teoretică pentru rezolvarea unor importante probleme. Este în esenţă vorba de metoda lui Bromwich (cap. 19) şi de efectul Kelvin, cunoscut şi sub numele de efect pelicular (cap. 20). Următoarele două capitole tratează probleme de mare amploare teoretică şi practică pentru tehnica modernă. Este vorba de cavităţi electromagnetice (cap. 21) şi ghiduri, de unde şi linii coaxiale (cap. 22).

Capitolul 23 cu care se încheie lucrarea, intitulat „Probleme diverse", se ocupă cu o serie de probleme ca: cîmpul magnetic produs de o pînză de curenţi constanţi, difracţia undelor electromagnetice, radiatorul electromagnetic sferic şi cel sferoidal, ca şi constituirea unei unde electromagnetice plane în mediu anizotrop.

În încheiere cîteva remarci de ansamblu asupra lucrării lui Poincelot. Lucrarea se prezintă la un nivel teoretic înalt şi rigurozitatea matematică a demonstraţiilor este urmărită cu atenţie. Remarcăm că pornind de la corelaţia strînsă care există între electromagnetism şi relativitate, autorul o abandonează la un moment dat pentru a exprima relaţii nerelativiste. Astfel de relaţii sînt valabile în domenii importante ale electrotehnicii, în special pentru medii care se deplasează cu viteză relativ redusă faţă de viteza luminii.

Cartea este scrisă într-un stil clar şi atrăgător şi de o înaltă ţinută ştiinţifică. S-ar putea obiecta un singur fapt: lucrarea nu conţine aproape deloc referiri la problemele neliniare ale electromagnetismului, la mediile neliniare. În concluzie: o carte în care atît inginerul cercetător sau cadru didactic, cît şi inginerul proiectant, vor putea găsi în egală măsură multe cunoştinţe care le vor fi utile în rezolvarea unor probleme care astăzi prezintă o mare importanţă ştiinţifică şi tehnică.

F. Stănculescu

REFERATE

CZ 53: 621 *Fizică tehnică*

CZ 534: 539.433: 621—75: 389.6 (100)

Federn, K. **Normarea în domeniul tehnicii vibraţiilor** (Internazionale Normung auf dem Gebiet der Schwingungstechnik). În: DIN Mitteilungen 44, nr. 4, 1965, p. 133—137, 1 tab., 10 ref.

Sînt descrise dezbaterile care s-au purtat pe scară internaţională în legătură cu tehnica vibraţiilor, arătîndu-se că, după ce problema a fost discutată în numeroase publicaţii americane şi germane, VDI şi ASA, au propus înfiinţarea comitetului ISO/TC108 „Vibraţii mecanice şi şocuri", care şi-a început lucrările între 1 şi 5 iunie 1954 la Aix-les-Bains şi care are sarcina de a elabora norme privind:

— domeniul vibraţiilor mecanice şi al şocurilor;
— schemele de încercare la vibaţii şi şocuri;
— reducerea, izolarea şi amortizarea vibraţiilor şi, în special, eliminarea dezechilibrărilor mecanice (metode şi materiale folosite);
— stabilirea unor limite acceptabile ale mărimilor care caracterizează vibraţiile (pentru oameni, maşini, vehicule, diferite structuri);
— metode şi mijloace de măsură şi de etalonare;
— metode de încercare;
— terminologia.

La lucrări au participat specialişti din grupele de tehnică a vibraţiilor de la VDI şi DNA, din comitetele tehnice ISO/TC 39, IEC/SC50A, ISO/TC60, şi delegaţi ai ţărilor interesate, printre care şi delegatul României.

Şedinţa următoare va avea loc la Praga în luna mai 1966, cu colaborarea comitetelor ISO/TC43, „Acustica" şi IEC/TC29 „Electroacustica".

L.V.

CZ 537.228.1: 531.781: 621.317

Brizjev, L. D. **Probleme privind măsurarea forţei cu ajutorul piezoelectricităţii** (Necatorîe voprosîizmerenia sîl pri pomosci piezoelectricestva). In: Izmeritelnaia tehnika, nr .8, 1964, p. 31—33.

Procedeele de măsurare a forţei, funcţie de tensiunea piezoelectrică a unui cristal, au căpătat în ultimii ani o largă aplicare. Dezavantajul principal al acestora constă numai în necesitatea de a avea o izolare bună a elementelor montajului care poartă sarcinile electrice, ceea ce constituie o problemă destul de complicată.

Se descrie un aparat realizat de autor, a cărui metodă permite imediat o citire numerică de la distanţă a acestei forţe. Principiul aparatului se bazează pe principiul convertirii voltsecundelor într-un număr de impulsuri înregistrate de un contor, ale cărui indicaţii sînt proporţionale cu această forţă.

În continuare se descriu posibilităţile de dezvoltare a cercetărilor legate de folosirea „electreţilor" sau „piezoelectreţilor", indicîndu-se şi stadiul la care au ajuns autorii. Se contează ca în viitor să se obţină dispozitive de acest fel, a căror eroare de măsurare să nu depăşească 0,1 %.

Fl. T.

CZ 614.8 *Protecţia muncii*

CZ 614.8: 621.3

Homberger, E. **Prevenirea accidentelor în lumea întreagă** (Prevention des accidents dans le monde entier). In: Bull ASE **55**, nr. 11, 1964, p. 555—557.

Folosirea unor maşini şi instalaţii complexe impune o pregătire minuţioasă din punctul de vedere al protecţiei muncii pentru cadrele ce le deservesc. În acest sens se prezintă rezultate din experienţa cîtorva ţări dobîndită în problemele de

protecţia muncii. Astfel, realizarea de grupe de lucru alcătuite din ingineri, care să se ocupe de probleme ale securităţii muncii în întreprinderile din Austria, a dat rezultate bune, rezolvîndu-se nu numai probleme de protecţie contra accidentelor datorite electricităţii, ci şi contra incendiilor, accidente mecanice la construcţia noilor uzine, montarea şi demontarea liniilor aeriene, construcţia galeriilor etc.

Rezolvarea unor probleme complexe de protecţia muncii nu poate fi făcută fără colective care să cuprindă specialişti din diferite domenii. Astfel, la Geneva s-au discutat în comun problemele generale de prevenire a accidentelor datorite electricităţii, organizarea muncii, dispozitivele şi aparatura pentru protecţia muncii, împreună cu examinarea din punct de vedere medical: perturbaţiile patologice, consecinţele accidentelor electrice, prim ajutor etc.

Rezultate bune s-au obţinut în acele ţări europene în care elevii şcolilor elementare au fost instruiţi asupra pericolului pe care-l prezintă electricitatea şi au fost învăţaţi să manipuleze corect aparatele electrice.

În continuare se prezintă o serie de măsuri luate în Italia (pentru pregătirea temeinică a lucrului), Anglia (punerea la pămînt a înfăşurării secundare a transformatoarelor), atrăgîndu-se atenţia că folosirea din ce în ce mai masivă a conductelor din mase plastice s-a tradus în unele ţări (cazul Islandei) prin creşterea accidentelor, întrucît condiţiile de punere la pămînt au devenit insuficiente.

Fl. T.

CZ 614.8 : 539.12. 047

Wagner, G. **Radiaţiile ionizante şi viaţa umană** (Les radiations ionisantes et la vie humaine). In: Bull ASE **55**, nr. 6, 21 martie 1964, p. 243—251.

După o scurtă trecere în revistă a diferitelor tipuri de radiaţii ionizante, se arată că acestea (chiar cînd au o intensitate mare) nu sînt percepute de organele de simţ. Imediat după o iradiere (oricare ar fi doza) nu se poate depista nici o leziune într-un sistem biologic.

Se prezintă influenţa pe care o au aceste radiaţii asupra pielii asupra diferitelor organe sau mucoase şi felul în care se manifestă iradierea. Astfel, pentru valori de 100—200 remi, apar semne de slăbiciune, ameţeli etc.; doze mai mari duc la atacarea funcţiilor vitale, iar dozele de circa 700 remi duc la moarte în circa 30 de zile.

O atenţie deosebită se acordă şi efectelor secundare, în special la declanşarea cancerului şi leucemiei, fenomene explicate prin mutaţiile somatice. În scopul prevenirii accidentelor se prezintă lucrările comisiei internaţionale de protecţie radiologică (CIPR), indicîndu-se şi dozele maxime admisibile (5 remi/an). De asemenea se insistă asupra măsurilor de prevedere ce trebuie luate pentru limitarea iradierii şi ameliorarea metodelor de lucru.

Fl. T.

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.1.017.7

Ulaniţkii, M. N. **Asupra calculului termic al maşinilor electrice închise avînd răcire naturală.** In: Elektricestvo **86**, nr. 5, 1965.

În maşinile închise, încălzirea bobinajelor este dată de diferenţa de temperatură a bobinajelor faţă de carcasă, adunată cu cea a carcasei faţă de mediul ambiant. Deoarece încălzirea carcasei faţă de mediul ambiant este de 80—90% pentru maşini mici asincrone şi de 70—80% pentru maşini de curent continuu, din încălzirea totală a bobinajului, rezultă că erorile de calcul în determinarea acestei încălziri sînt cele care influenţează în cea mai mare măsură erorile la calculul încălzirii bobinajului. Erorile în calculul încălziri carcasei faţă de mediul ambinat depind de α, coeficientul de cedare de căldură al suprafeţei carcasei. Cu cît α introdus în calcule va fi mai apropiat de valoarea reală, cu atît erorile vor fi mai mici. În cazul studiat α este suma coeficienţilor de cedare a căldurii prin radiaţie şi convecţie. Coeficientul de cedare prin radiaţie se calculează cu legea lui Stefan-Boltzmann, în care ε — constanta de radiaţie a materialului — are valoarea $\varepsilon = 0{,}85$.

Coeficientul de cedare de căldură prin convecţie se determină din relaţia $Nu = C(Gr\ Pr)^n$ în care $C = 0{,}94$ sau $C = 0{,}7384$ şi $n = 0{,}226$, care are valabilitate pentru $10^5 < GrPr < 10^9$ şi $1{,}1 < l/d < 2{,}0$. Calculul se simplifică trasînd variaţia încălzirii carcasei în funcţie de încărcarea termică specifică. Se trasează diagrame ale variaţiei încălzirii carcasei în funcţie de încărcarea termică specifică, şi de variaţia coeficientului de cedare de căldură α în funcţie de temperatura carcasei. Rezultatele experimentale diferă cu cel mult 4% faţă de cele calculate.

Gh. N.

CZ 621.315 *Transmisia energiei electrice*

CZ 621.316.1.027.873

Cahil, L. **Transportul energiei de curent alternativ la tensiunea foarte înaltă de 500—750 kV** (Transports d'énergie a courent alternatif à très haute tension de 500—750 kV). In: Bull ASE **55**, nr. 11, 1964, p. 519—525.

Decizia de a se adopta 735 kV ca treaptă de tensiune pentru reţelele de transport de energie Manicouagan-Montreal (Canada), anunţată în august 1962, a pus constructorilor de echipament electric nenumărate probleme, a căror rezolvare merită a fi menţionată. Astfel, la alegerea aparatajului s-a ţinut seamă de experienţa anterioară a fabricilor de echipament de foarte înaltă tensiune, de randamentul garantat al aparatelor şi de preţul de cost.

Pentru liniile de înaltă tensiune s-au prevăzut izolatoare din porţelan tip capă-tijă, cu eforturi mecanice ridicate (7—11—16 t) dispuse în lanţuri duble în V, iar la trecerile mai importante, elemente de 23 t.

Transformatoarele de putere ridică problema trecerii izolante de 750 kV, destul de dificil de realizat, a menţinerii constante a proprietăţilor electrice ale uleiului şi a răcirii. Este de menţionat: o soluţie interesantă: fiecare transformator sau autotransformator va fi alimentat cu o înfăşurare terţiară de 12 kV destinată circulaţiei armonicilor şi pentru alimentarea serviciilor auxiliare.

Intreruptoarele de 735 kV sînt de tipul cu aer comprimat, numărul de ruperi pe pol fiind 12 sau 14. Cel mai scurt tip măsoară 11,5 m, iar cel mai lung, 16 m. Puterile de rupere prevăzute variază de la 35 000 la 40 000 MVA.

Aparatele au fost încercate preventiv în situaţii de rupere a liniilor în gol, defecte kilometrice etc.

Descărcătoarele cu suflaj magnetic adoptate au o capacitate termică ridicată, măsoară pînă la 9 m şi cîntăresc circa 5 000 kg. Pentru a preveni amorsările inutile va fi posibil să se asigure o tensiune de amorsare, practic, constantă, oricare ar fi frontul supratensiunii.

Separatoarele sînt de tipul cu un cuţit, cu deschidere verticală, ceea ce prezintă un avantaj la funcţionarea în timpul iernii (la închiderea şi deschiderea cuţitului se sparge ghiaţa).

Pentru măsurarea tensiunilor se indică folosirea unor transformatoare capacitive instalate în exterior, de construcţie simplă.

Fl. T.

SCURTE ŞTIRI

Electromagnetul cel mai puternic din lume se utilizează în prezent, pentru cercetări în S.U.A. El poate produce impulsuri de cîmp de 400 000 Gs, iar pe timp de un minut, un cîmp de 225 000 Gs: În regim permanent, el consumă un curent de 56 kA şi o putere de 10 MW, producînd o presiune mai mare decît în cel mai adînc punct al oceanului, 4,2 t/cm². Pentru răcire necesită 88 hl de apă pe min.

Din : ETZ-B, nr. 3, 1965.

O celulă de combustie în care se arde alcool a fost realizată de curînd, obţinîndu-se la încercări puterea de 5 kW. Randamentul termic este de 50—60%, iar cel efectiv — din cauza aparatajului ajutător — este doar de circa 25%.

Din : ETZ-B, nr. 5, 1965.

În studiul generatoarelor magnetohidrodinamice s-a ajuns la concluzia că frecvenţa ciocnirii electronilor nu este independentă de viteză, aşa cum s-a considerat pînă acum, ci este proporţională cu ea. Aceasta ajută la determinarea temperaturii electronilor într-un generator magnetohidrodinamic.

Din : Brit. J. appl. Physics, vol. 16, 1965, p. 319.

Introducerea unor rezistenţe de încălzire a autostrăzilor, inclusiv dispozitivele lor de reglaj şi siguranţă au fost studiate de curînd de Ministerul Comunicaţiilor din R.F.G. Încălzirea ar oferi protecţie contra poleiului şi ar topi un strat de zăpadă de 2 cm grosime în 10 min.

Din : ETZ-B, nr. 8, 1965.

Un nou amplificator operaţional integrat de bandă largă, cu cîştig mare de transmisiune, construit într-un bloc monolit de siliciu, fabricat după procedeul Planar, a fost proiectat la Paris. El este destinat să funcţioneze ca amplificator operaţional pentru calculatoarele analogice, ca amplificator magnetic de memorie, ca amplificator de precizie pentru instrumentaţie, şi în toate aplicaţiile necesitînd un amplificator cu reacţie utilizabil de la curent continuu pînă la 10 MHz. Alimentarea amplificatorului (numit „μA 702") este de + 12 V la — 6V, avînd tensiunea în gol la intrare 2 mV, iar curentul de 0,5 μA, cu un cîştig de tensiune (buclă deschisă) de 2800. Este de notat că amplificatorul este, practic, insensibil la variaţia tensiunii de alimentare.

Din : L'Onde électrique, nr. 456, 1965

Un aparat de desudare a fost dat în folosinţă la Paris, aparat care-şi găseşte utilizarea, ca şi fierul de desudat în atelierele şi laboratoarele unde se efectuează punerea la punct a reparaţiei circuitelor imprimate. Aparatul permite să se desudeze în cîteva secunde un conductor sau o conexiune, evitînd deteriorarea circuitului sau corpurilor componente vecine.

Aparatul este de fapt, o mică pompă de depresiune, al cărei piston poate fi blocat în poziţie armată, apoi liberat instantaneu, apăsînd pe mînerul său. Marea depresiune astfel creată aspiră sudura, adusă în prealabil în stare de fuziune de un fier de sudură, şi nu rămîne decît să se degradeze conductorul conexiunii de placă. Desudatorul C.I., cum este numit, nu cere conexiuni electrice, nici instalaţii de presiune. Fiind mic, poate fi pus uşor într-o trusă de depanaj. Poate fi utilizat şi la desfacerea sudurilor clasice de cablaj.

Din : L'Onde électrique, nr. 456, 1965

Un ciocan magnetic pentru netezirea metalelor a fost pus la punct în S.U.A., care poate îndepărta instantaneu orice scobitură sau deformare a metalelor fără să le atingă sau să le strice suprafaţa. Ciocanul este necesar la fabricarea rezervoarelor de combustibil pentru racheta Saturn V (care va transporta trei cosmonauţi spre lună), deoarece segmentele acestor rezervoare se contractă uşor sau se deformează. Orice deformare, cît de mică, face ca rezervorul să fie de neutilizat.

Ciocanul magnetic dezvoltă un cîmp magnetic cu pulsaţii, durînd 500 de microsecunde distribuite uniform. Se obţine astfel netezirea oricărei deformări fără pătarea sau stricarea suprafeţei metalice.

Din : Science Horizons, nr. 55, 1965

Generatoarele termionice au putut fi apreciabil perfecţionate prin utilizarea aburului de fluorură de cesiu în camera electrozilor. La o distanţă de 0,2 mm între electrozi şi o temperatură de 2000° K a emiţătorului de molibden s-a obţinut o putere iniţială de 17,5 W/cm² faţă de 5 W/cm², fără abur de fluorură de cesiu.

Din : ETZ-B, nr. 7, 1965

Plata convorbirilor telefonice cu provincia (în trei state canadiene) se va calcula în viitor în mod automat. La fiecare convorbire, noua instalaţie va stabili numărul abonatului şi îl va transmite în mod automat centralei. Aici, tot în mod automat, se vor adăuga data, ora, timpul convorbirii şi tariful. Toate aceste date sînt transmise apoi oficiului de calcul, care stabileşte taxa de plată.

Din : ETZ-B, nr. 7, 1965

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. Pl. Andronescu; prof. dr. ing. I. S. Antoniu, membru coresp. al Academiei Republicii Socialiste Romînia; acad. dr. ing. A. Avramescu — redractor responsabil; ing. V. Bunea; ing. V. Ciofu; prof. dr. ing. V. Corlăteanu; ing. Al. Greleanu; ing. Şt. Grosu; conf. ing. G. Hortopam — redactor responsabil adjunct; conf. ing. G. Lazaride; ing. A. Popa; prof. ing. Cristina Popescu; ing. Vl. Popovici; acad. prof. dr. ing. R. Răduleţ; ing. St. Ţiganetea; ing. R. Vlădoianu.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din Republica Socialistă România — Redacţia şi administraţia. Bucureşti, str. Ion Ghica, nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 Banca Naţională a Republicii Socialiste România — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Intreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 3808 Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/727/1965.

41 400

SOMMAIRE

CD 621.316.11.016.313.001.24

Pololea, E. : **Les équations des réseaux électriques triphasés en régime non-symétrique.**

Electrotehnica 13, no. 11, nov 1965, p. 385–393

On présente une méthode générale pour le calcul des réseaux électriques triphasés non-symétriques, méthode qui se réduit, grâce à l'utilisation des coordonnées symétriques, à une méthode générale de calcul de certains systèmes symétriques.

CD 621.3.066.6 ;621.315.53.004.5

Goldimberg, S. : **Contributions à l'amélioration des contacts électriques réalisés au moyen des voies de courant en aluminium.**

Electrotehnica 13, no. 11, nov 1965, p. 393–400

On présente les avantages et les désavantages de l'emploi de l'aluminium dans l'industrie électrotechnique, les méthodes de joindre les conducteurs en cuivre à ceux en aluminium ainsi que les conducteurs en aluminium entre eux.

CD 621.316.573–064.241.001.4

Gujbă, A. : **Essais des contacteurs de courant alternatif, en air libre.**

Electrotehnica 13, no. 11, nov 1965, p. 401–408

On recommande quelques solutions pratiques pour la construction des contacteurs, basées sur les vérifications de laboratoire effectuées sur différents types de contacteurs fabriqués dans notre pays ainsi qu'à l'étranger.

CD 620,193.7 ;621.54 ;621.313.2

Bernfeld, D. : **L'alimentation à l'aide des générateurs électroéoliens, des stations de protection cathodique des conduites magistrales, contre la corrosion.**

Electrotehnica 13, no. 11, nov 1965, p. 409–416

On propose l'utilisation des sources électroéoliennes pour l'alimentation des installations de protection cathodique classique des conduites magistrales.

RUBRIQUE DU JEUNE INGÉNIEUR

CD 621.316.925.42/45 ;621.314.65

Radu, I. et *Brill, A.* : **La protection des appareils électriques de mesurage, en utilisant des dispositifs semiconducteurs.**

Electrotehnica 13, no. 11, nov 1965, p. 416–420

Dans cet article on expose les possibilités de protection des instruments de courant contre les courants en surcharge, à l'aide des diodes-tunnel, ainsi que la protection en cas de tensions élevées, des voltmètres, en employant des diodes Zener. On indique les principes de fonctionnement de certains montages ainsi que les principes et les critères pour leur calcul. On fait une comparaison entre la méthode proposée et les autres méthodes de protection, mettant en évidence les avantages offerts par les montages à sémiconducteurs.

COMPTES RENDUS 421–422

EXTRAITS 422–423

BRÈVES NOUVELLES 424

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.311 CENTRALE ELECTRICE. INSTALAȚII DE ALIMENTARE CU ENERGIE ELECTRICĂ

CZ 621.311.2 : 621.398 : 654.9

Druseski, G. V. **Două procedee pentru realizarea semnalizării de prevenire la panourile de comandă a centralelor electrice de mare putere.** In : Energhetik **13**, nr. 3, mar 1965, p. 11—15, 2 fig.

CZ 621.311.4 : 621.316.9 : 621—52

Iankelevici, I. S. **Schema de comandă, automatizare și protecție a unei instalații de 110/35/6 kW.** In : Energhetik **13**, nr. 2, febr 1965, p. 18—20, 2 tab.

CZ 621.313 MAȘINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ȘI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313.3.045.51.016.37

Vaske, P. **Dimensionarea fazei auxiliare de demaraj pentru motoarele asincrone monofazate cu două fire.** In : Elektrotechn. Zeit, (ETZ-A) **86**, nr. 9, 30 apr 1965, p. 306—311, 9 fig., 14 ref. bibl.

CZ 621.313.32.044.5

Fong, W. ș. a. **Mașini sincrone cu două viteze cu poli aparenți și o singură înfășurare.** In : Proc. I.E.E. **112**, nr. 2, febr 1965, p. 351—359, 7 fig., 1 tab., 17 ref. bibl.

CZ 621.313.322—81 : 621.3.643.017.21

Neidhőfer, G. **Optimizarea pierderilor minimale de ventilare și de căldură (efect Joule) în cazul rotorului cu răcire cu gaz a turbogeneratoarelor de mare putere.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ-A) **86**, nr. 11, 28 mai 1965, p. 353—360, 6 fig., 2 tab., 6 ref. bibl.

CZ 621.313.333.001. 57 : 621—526

Lapuhina, E. M. și *Krasnîi, V.* **Studiul motorului asincron de execuție cu condensator prin metoda modelării matematice.** In : Elektrotehnika **36**, nr. 2, febr 1965, p. 1—5, 11 fig., 2 tab., 4 ref. bibl.

CZ 621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.254.8

Muttelsee, W. **Asupra transformatorului trifazat cu patru înfășurări ca transformator pentru redresoare de curent cu înfășurare împărțită în două.** In : Elektrotechn. Zeit (ETZ-A) **86**, nr. 11, 28 mai 1965, p. 360—364, 14 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.314.57 ;621.317.375

Mikulaschek, F. **Metode de aproximare a calculării coeficientului de deplasare și a sarcinii reactive pe bara colectoare a unui redresor.** In : Elektrotechn. Zeit (ETZ-A) **86**, nr. 5, 5 mai 1965, p. 144-148, 9 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.315 TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE. LINII AERIENE. CABLURI. CONDUCTOARE. MATERIALE IZOLANTE. MATERIALE DE INSTALAȚII

CZ 621.315.1.027.89 ; 621.316.54.06.7

Humpage, W. D. și *Stott, B.* **Influența reanclanșării automate a întreruptoarelor de putere asupra stabilității dinamice în sistemele de transport de foarte înaltă tensiune.** In : Electronic and Power **11**, nr. 1, ian 1965, p. 32—33, 4 fig.

CZ 621.315.145.013.7 ;621.316.3.037.3

Wagner, E. **Solicitările în regim de durată și de scurtcircuit provocate de conductorii fasciculari din instalațiile de distribuție de înaltă tensiune.** In : ÖZE **18**, nr. 1, ian 1965, p. 18—25, 9 fig., 9 ref. bibl.

CZ 621.315.235.027.3.003

Beale, H. E. **Unele aspecte economice ale instalării cablurilor de foarte înaltă tensiune în pământ.** In : Proc. I.E.E. **112**, nr. 1, ian 1965. p. 109—118, 6 fig., 2 tab., 8 ref. bibl.

CONTENTS

DC 621.316.11.016.313.001.24

Pololea, E. : **The equations of the three-phase electric networks in asymmetrical regime.**

Electrotehnica **13**, nr. 11, nov 1965, p. 385–393

The author presents a general calculation method of asymmetrical three-phase electric networks. By using symmetrical coordinates this method is reduced in fact to a general calculation method of some symmetrical systems.

DC 621.3.066.6 ;621.315.53.004.5

Goldimberg, S.: **Contributions to the improvement of electric contacts achieved with aluminium conductors.**

Electrotehnica **13**, nr. 11, nov 1965, p. 393–400

The advantages and drawbacks of aluminium utilization in the electrotechnical industry are discussed and the joining methods of copper and aluminium conductors as well as aluminium conductors with one another are described.

DC 621.316.573–064.241.001.4

Gujbă, M.: **Some tests with alternating-current air contactors.**

Electrotehnica **13**, nr. 11, nov 1965, p. 401–408

Some practical constructive solutions for contactors are suggested on the basis of laboratory checks carried out with several types of conductors manufactured in our country and abroad.

DC 620.193.7 ;621.54 ;621.313.2

Bernfeld, D. : **Feeding the cathodic protection stations of main conductors against corrosion by means of electroaeolian generators.**

Electrotehnica **13**, nr. 11, nov 1965, p. 409–416

The utilization of the electroaeolian sources for feeding the classical cathodic protection stations of main conductors is suggested.

THE YOUNG ENGINEER'S GUIDE

DC 621.316.925.42/45 ;621.314.63

Radu, I. and *Brill, A.*: **Concerning the protection of electrical measuring apparatus by means of semi-conductor devices.**

Electrotehnica **13**, nr. 11, nov 1965, p. 416–420

The overcurrent protection of electrical instruments by means of tunnel diodes as well as the over-voltage protection of voltmeters by means of Zener diodes are discussed. The working principles of the given connections are presented as well as their calculation principles and criteria. A comparison with other protection methods is drawn emphasizing the advantages of semi-conductor connections.

REVIEWS 422–422

ABSTRACTS 422–423

BRIEF NEWS 424

6 21.315.616.537.226.1.001.2.

Grössler, L. **Calculul permitivității și al factorului de pierderi la dielectricii cu structură spumoasă.** In : Nachr. Techn. **15**, 2 feb 1965, p. 71—74, 2 fig., 1 tab., 11 ref. bibl.

CZ 621.315.62.001.4

* * * **Verificarea izolatoarelor ceramice cu ajutorul ultrasunetelor.** In : Elektronik **14**, nr. 2, feb 1965, p. 42, 6 ref. bibl.

CZ 621.316. DISTRIBUȚIA ENERGIEI ELECTRICE. REȚELELE DE DISTRIBUȚIE. DESCHIDEREA ȘI ÎNCHIDEREA CIRCUITELOR. REGLAREA MĂRIMILOR ELECTRICE. PROTECȚIA APARATELOR ȘI INSTALAȚIILOR

CZ 621.316.3/9 ;621.313.13

Hayes, J. J. **Tendințele actuale ale industriei aparatului de comandă și control.** In : Electr. Rev. **176**, nr. 6, 5 feb 1965, p. 210—212, 6 fig.

CZ 621.316.54.027.3

Kriechbaum, K. **Disjunctori multipli cu jet liber cu suflantă.** In : Elektrotechn. Zeit (ETZ-A) **86**, nr. 10, 14 mai 1965, p. 327—332, 13 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.316.719.2

Wagner, H. **Acționări cu frîne. Probleme și soluții.** In : Elektro. Anz. **18**, nr. 6, feb 1965, p. 16—20, 18 fig., 1 tab.

CZ 621.316.722.1

Hamerak, K. **Funcționarea și construcția stabilizatoarelor magnetice de tensiune.** In : Energie u. Techn. **17**, nr. 2, feb 1965, p. 60—62, 8 fig.

CZ 621.317 TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.3 : 621.315.2.002

Gänther, H. **Tehnica măsurării în producția de cabluri.** In : ATM, nr. 349, feb 1965, p. 33—34, 4 fig.

CZ 621.317.331 : 621.314.632

Dannhäuser, F. **Măsurări ale conductivității de canal a redresoarelor cu siliciu.** In : Solid State Electron **8**, nr. 2, feb 1965, p. 103—108, 6 fig., 10 ref. bibl.

CZ 621.317.335

Lynch, A. C. **Măsurarea proprietăților dielectrice ale materialelor cu pierderi mici.** In : Proc. I.E.E. **112**, nr. 2, feb 1965, p. 426—432, 5 fig., 2 tab., 8 ref. bibl.

CZ 621.318. APLICAȚII INDUSTRIALE ALE MAGNETISMULUI ȘI MAGNEȚILOR. ELECTROMAGNEȚI. RELEE

CZ 621.318.012

Hermann, K. P. **Determinarea prin diagrame a eforturilor magnetice și a capacității de lucru a magneților permanenți și electromagneților.** In : Elektrotechn. Zeit (ETZ-A) **86**, nr. 11, 28 mai 1965, p. 364—370, 13 fig.

CZ 621.318.5 : 621—52

Lavet, M. **Releele electrice în tehnica automatizării.** In : Electricien **78**, nr. 2058, feb 1965, p. 45—53, 18 fig., 13 ref. bibl.

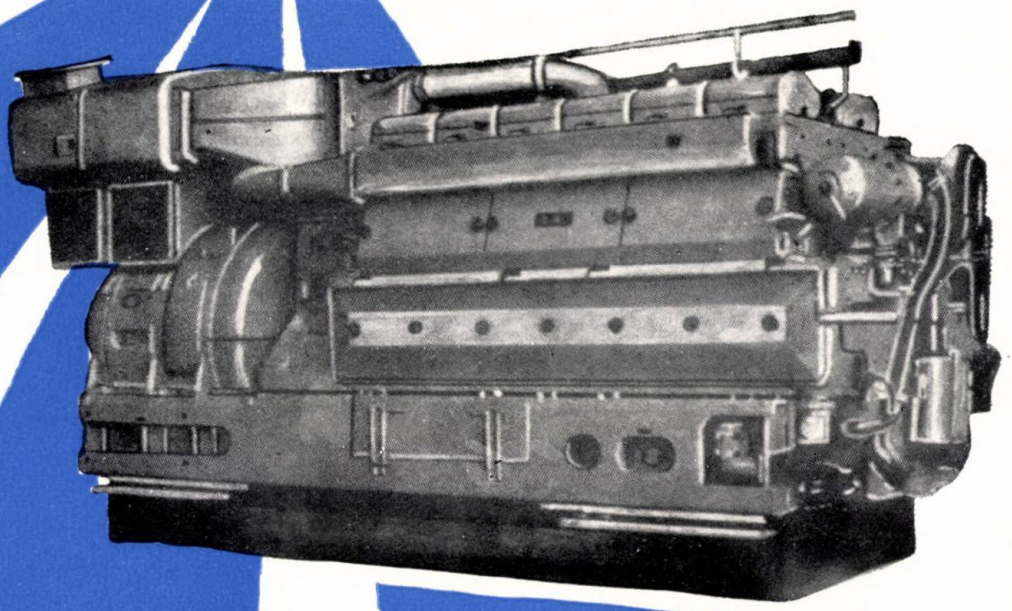
CZ 621.318.562.3 : 621.316.54

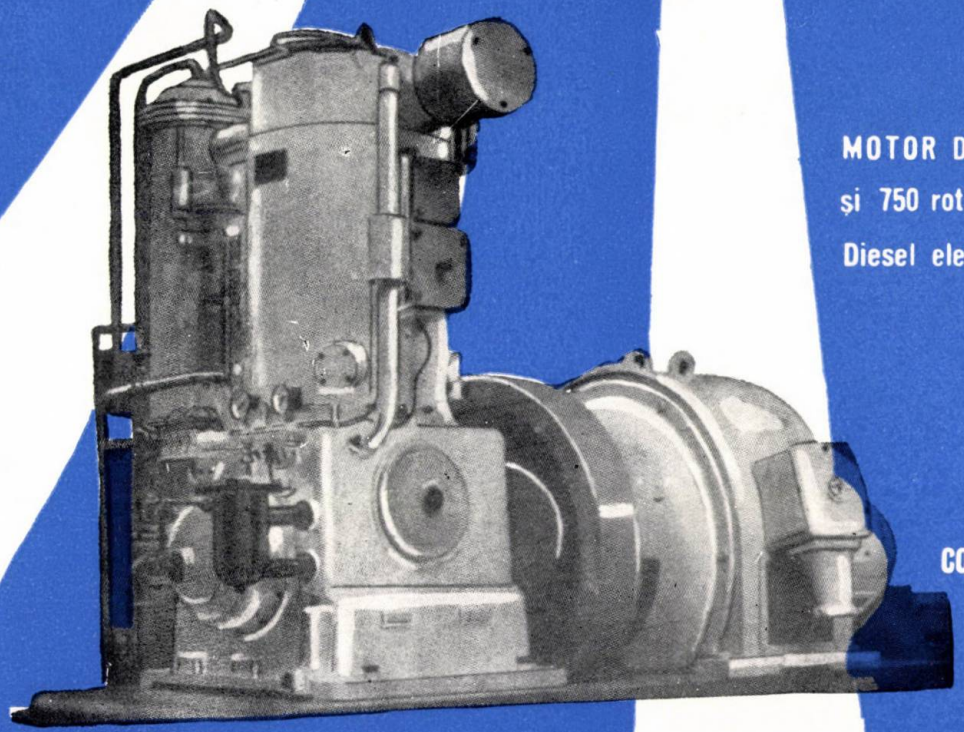
Brungsberg, H. **Asupra utilizării sistemelor polarizate magnetic ca aparate puternice de întrerupere.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ-A) **86**, nr. 11, 28 mai 1965, p. 371—375, 7 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.318.563.5 : 621—52

Nazarenko, A. P. **Calculul parametrilor de bază ai releelor electromagnetice de temporizare cu „autoreținere".** In : Elektrotehnika **36**, nr. 2, feb 1965, p. 49—52, 6 fig., 1 tab.

UCM Reșița





MOTOR DIESEL de 2300 CP
și 750 rot / min pentru locomotive
Diesel electrice de 2100 CP

COMPRESOARE DE AER

— 1 V — 15/7
— 2 V — 30/7
— 3 V — 45/7

Livrează:

ÎN ȚARĂ ȘI STRĂINĂTATE

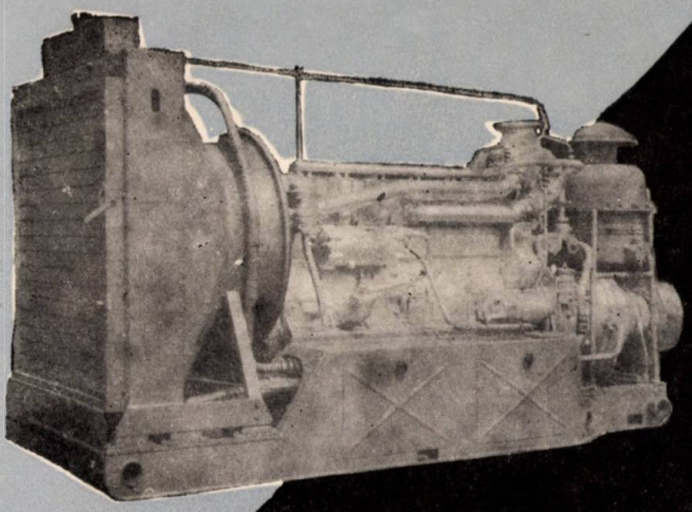
Fabrica de rulmenți-bile

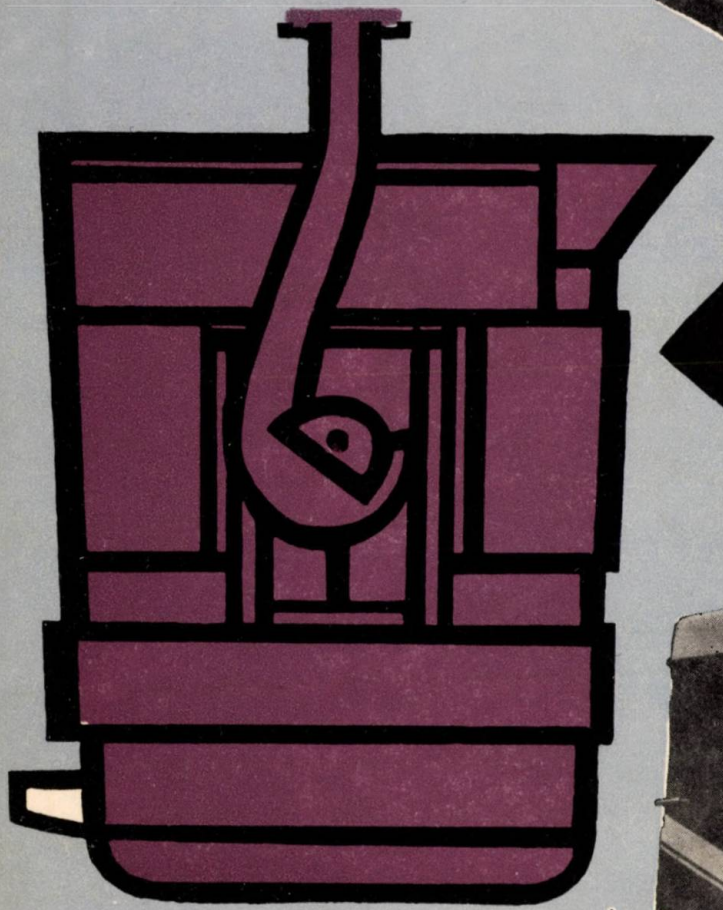
rulmenți de diferite forme constructive
și de dimensiuni tipizate

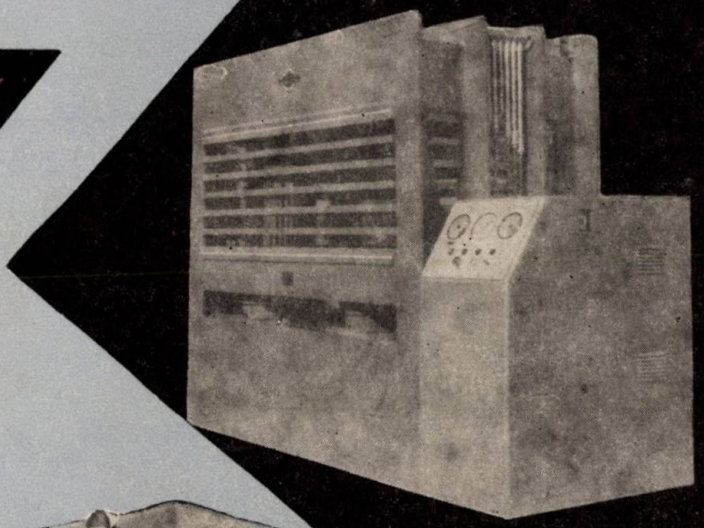
UZINA 23 AUGUST

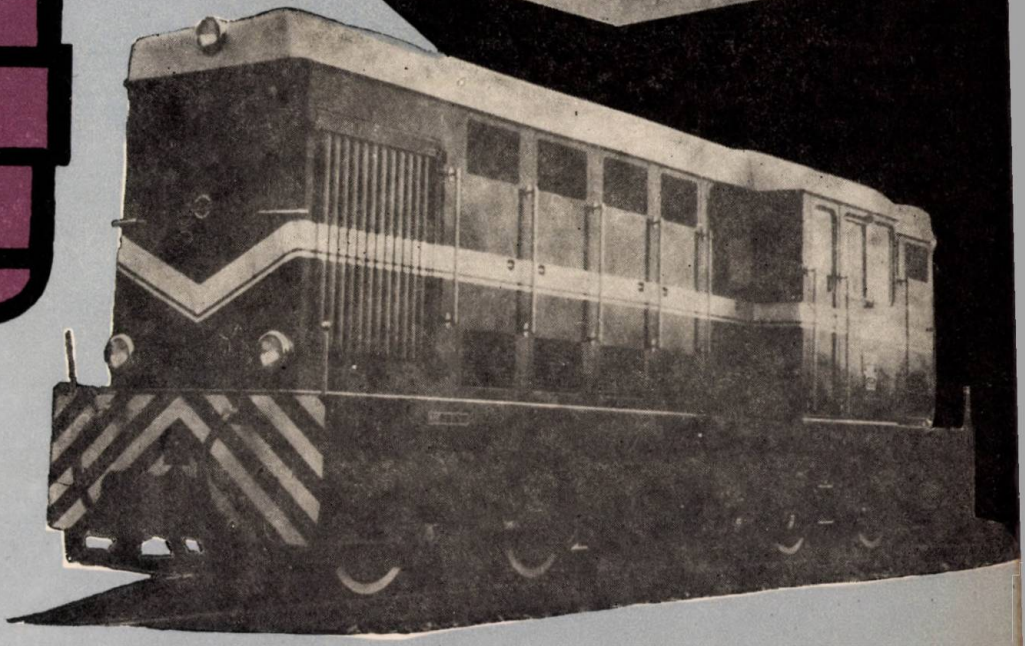
produce:

Agregate şi aparataje pentru industria chimică
Agregate şi utilaje pentru industria siderurgică
Motoare Diesel, de la 100 la 1 000 CP
Linii de ciment, de 800 şi 1 200 t zi
Material rulant
Locomotive de manevră, pentru cale normală şi îngustă
Vagoane-cisternă de mare capacitate
Vagoane speciale pentru siderurgie
Frîne cu aer comprimat pentru material rulant
Prese hidraulice cu 6 şi 15 etaje pentru industria lemnului









UZINA

MICM ICPE

INSTITUTUL DE CERCETARE ŞI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

din Bucureşti. Bd. T. Vladimirescu 45, telefon 31.41.00

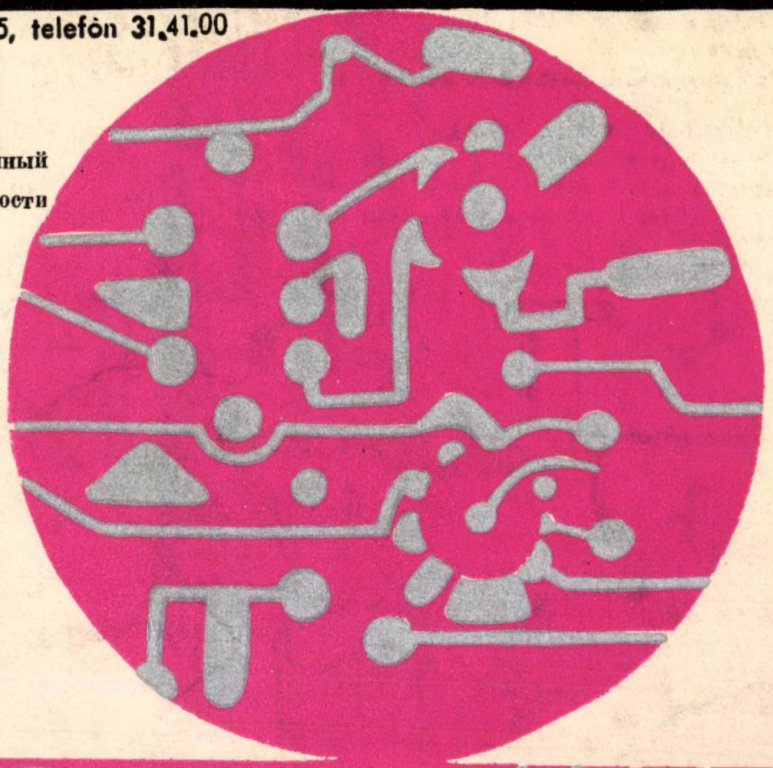
Научно-исследовательский и Проектировочный институт по вопросам электропромышленности

Electrical Engineering and Research Institute

Forschungs-und Projektierungsinstitut für die Elektroindustrie

Institut de Recherches et Projets pour l'industrie Électrotechnique

1966 MAJ



primeşte comenzi de cercetare şi proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din ţară.

Institutul execută studii, încercări, omologări şi prototipuri din domeniul maşinilor şi transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă şi înaltă tensiune, acţionărilor electrice, schemelor complexe electrice şi electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu maşini electronice, materialelor electrotehnice, cum şi proiectări pentru uzine şi fabrici cu acest profil.

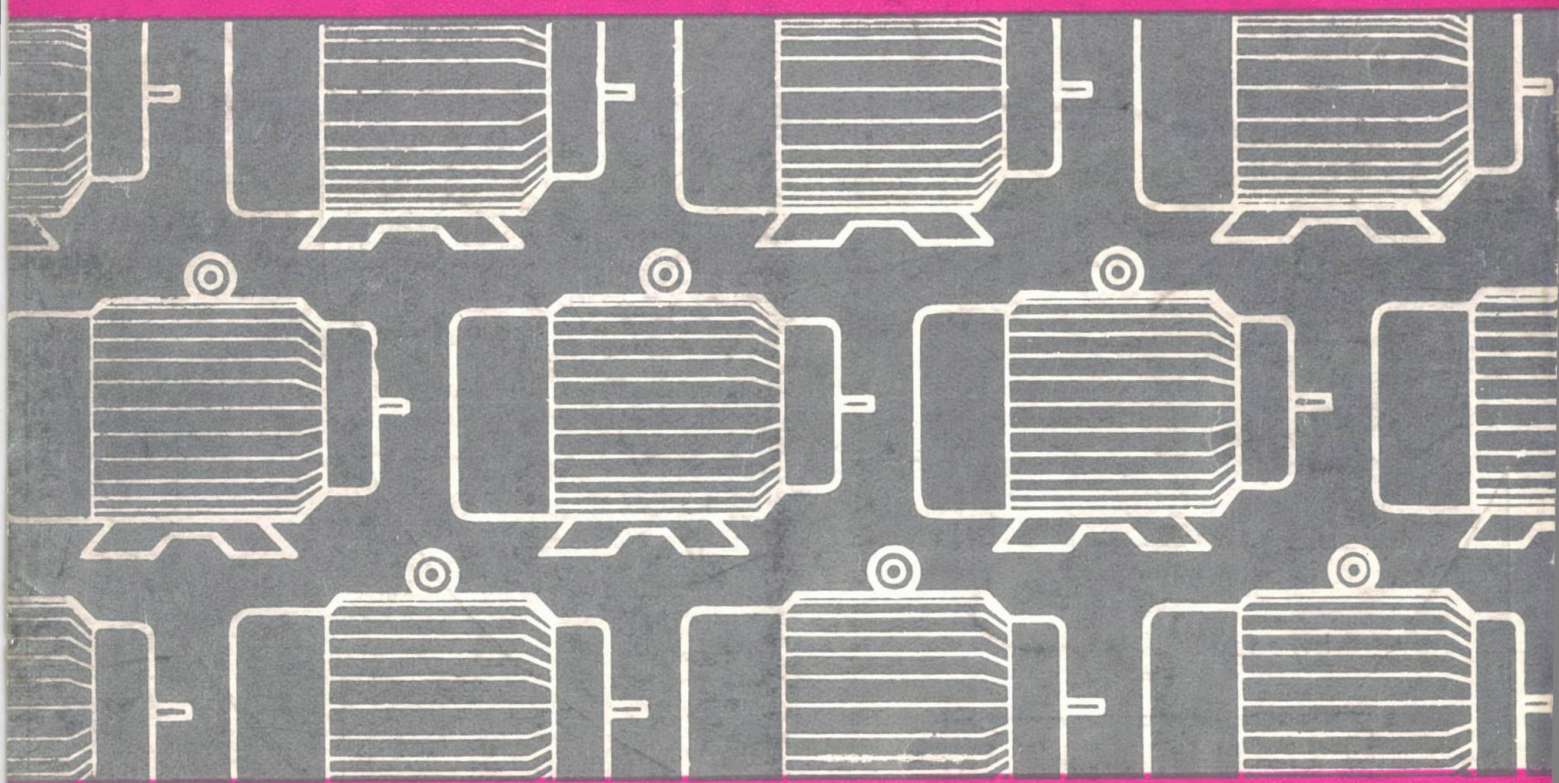
I. P. I. — c. 3808

E 2040

REFERÁLVA

R

ELECTROTEHNICA

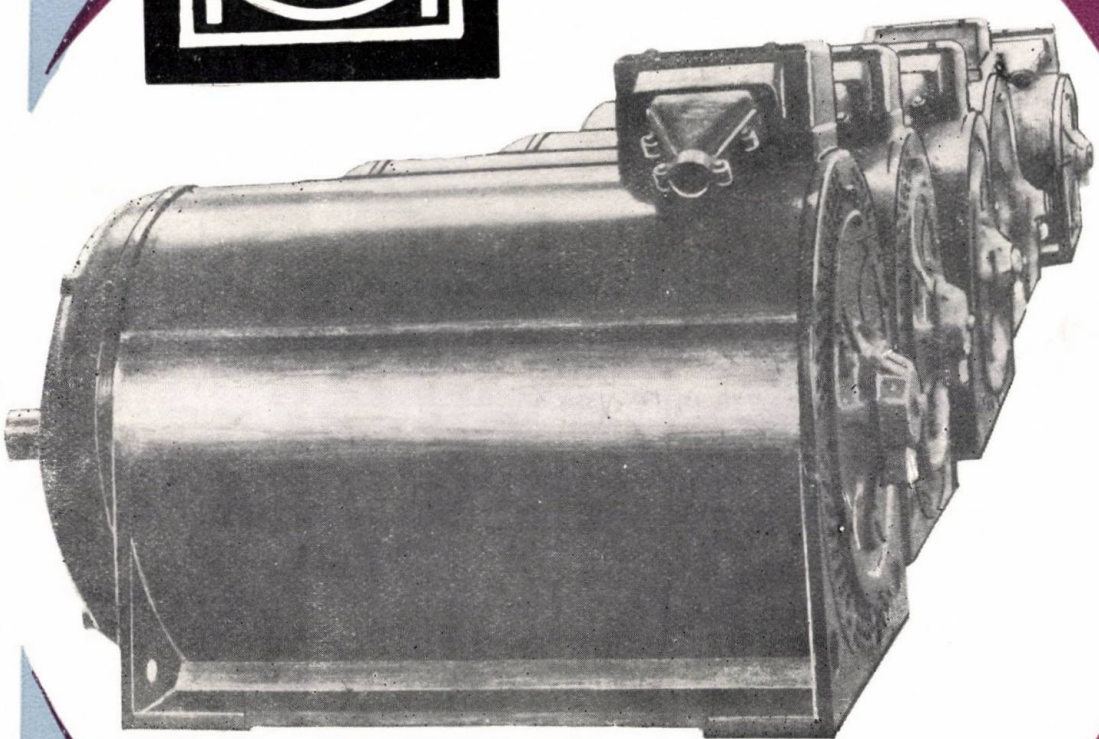


ELECTROTEHNICA ● BUCUREȘTI ● ANUL 13 ● NR. 12 ● PAGINA 425 — 464 ● DECEMBRIE 1965

12

MOTOARE ASINCRONE ANTIEXPLOZIVE

— cu siguranță mărită, simbol Ex s — III G 3
— cutia inelelor capsulată, rezistentă la presiune
— tip MUF, MUS — Ex
— 100 — 1000 kW; 750—1500 rot min; 6 kV

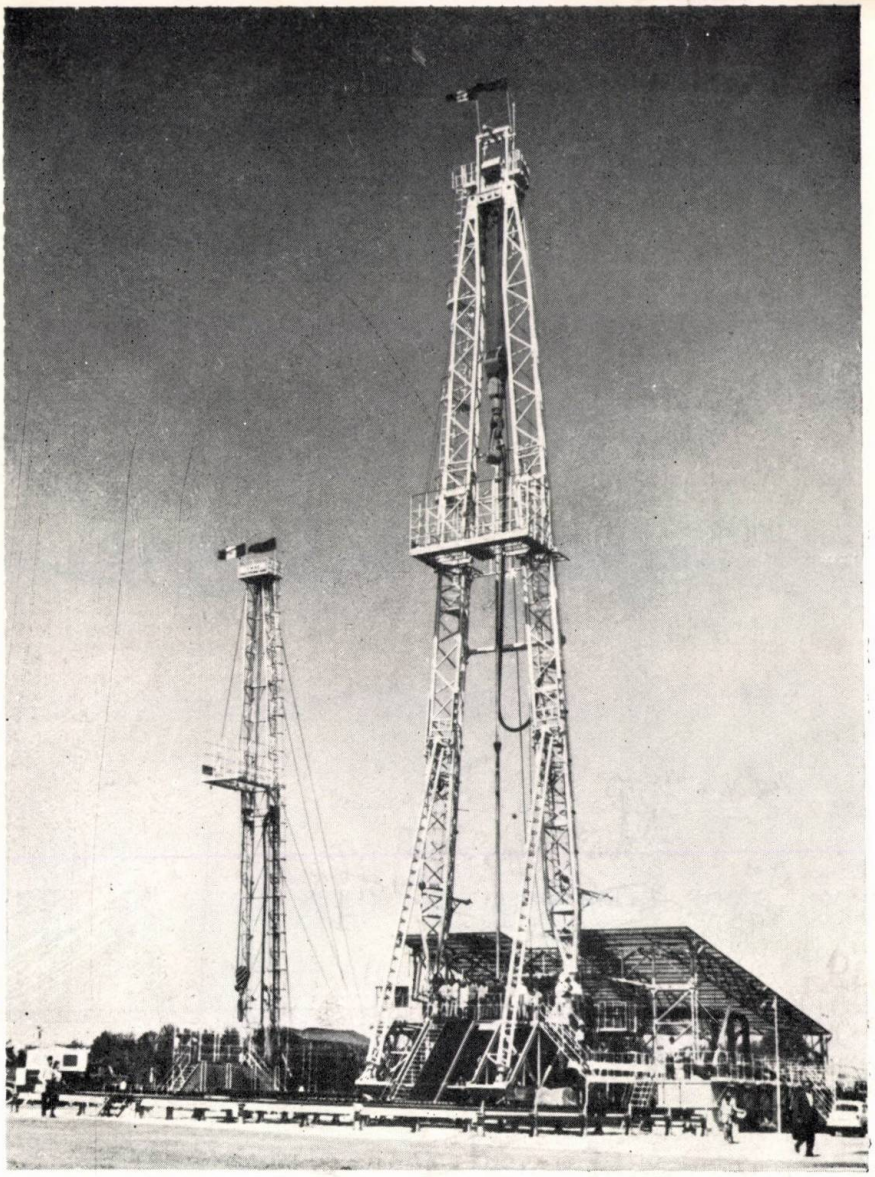


livrează

UZINELE

Electroputere

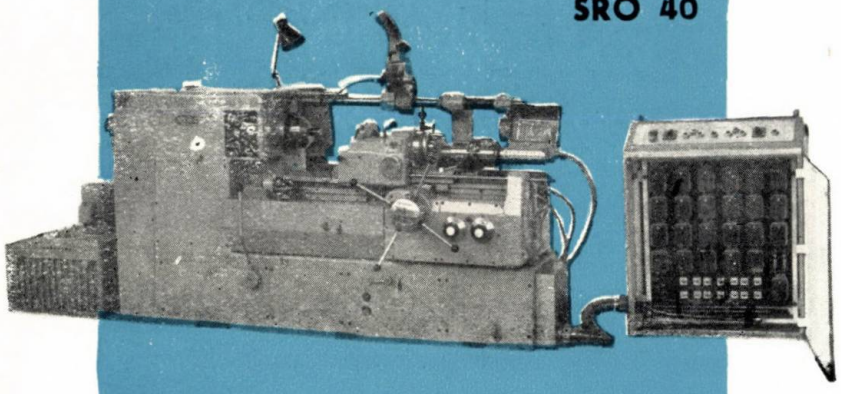
CRAIOVA



UZINA 1 MAI PLOIEȘTI

execută :

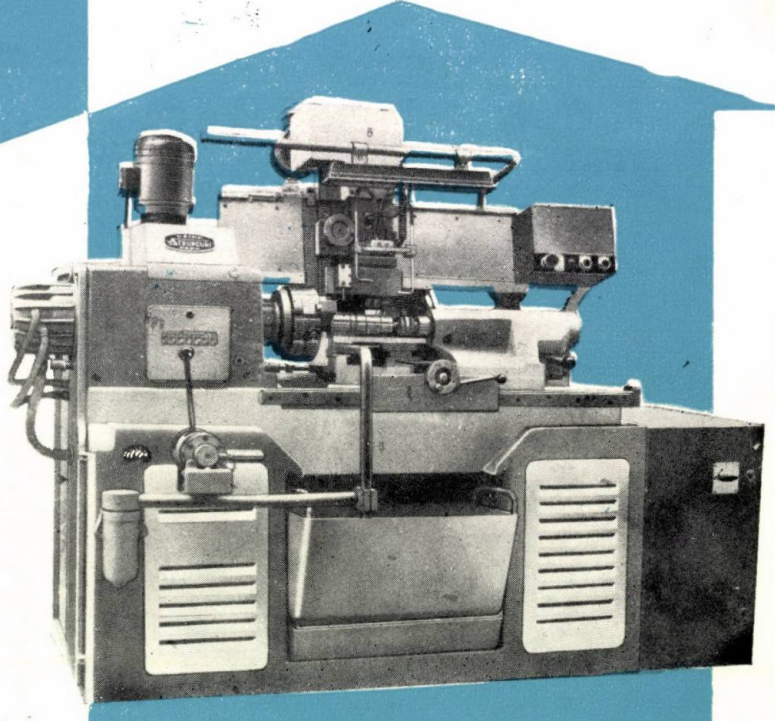
- Instalații de foraj transportabile T 50 — A, T 50 — B
- Instalații de foraj 2 DH — 75 A, 4 LD — 150 C și 4 LD — 150 D, 3 DH — 200 A, 4 DH — 315
- Pompe cu transmisie pentru noroi, de 465 și 800 CP
- Agregate de cimentare AC — 400 M1
- Instalații de prevenire a erupțiilor cu acționare mecanică de 12 și 16 inci și cu acționare hidraulică de 8 și 12 inci
- Turbine de foraj simple și secționale
- Sape cu role
- Carotiere seria C1



SRO 40

UZINA DE STRUNGURI ARAD

UZINA DE STRUNGURI ARAD



SA 200.

fabrică

următoarea gamă de strunguri :

Strunguri paralele SN 250, SN 320, SN 400, SN 630 şi 800
Strunguri revolver cu ax orizontal SRO 25 şi SRO 40
Strunguri revolver cu ax vertical SRV 25 şi SRV 40 şi
Strung de copiat cu comandă semiautomată SA 200

ELECTROTEHNICA

Anul 13 nr. 12 decembrie 1965

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁRÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

CUPRINS

CZ 621.34: 621.313.2: 621.318.4

Şofan, E., Basarab, S., Constantinescu, M., Emanoil, D. şi *Negoescu, D.* : **Tipuri moderne de instalaţii de acţionare cu motoare de curent continuu şi amplificatoare magnetice.**

Electrotehnica 13, nr. 12, 1965, p. 425–430

Se prezintă patru variante ale unui tip des utilizat de acţionări electrice cu turaţie variabilă constînd, în esenţă, dintr-un motor de curent continuu cu indusul alimentat prin amplificatoare magnetice, precedente sau nu de regulatoare electronice. Cele patru variante proiectate de colective de lucru din I. P. A. ilustrează, prin gradul lor variat de complexitate şi nivelul ridicat de performanţe, adaptabilitatea deosebită a tipului de acţionări electrice examinat la cele mai variate cerinţe de exploatare, ca şi posibilitatea realizării instalaţiilor corespunzătoare cu produse fabricate în ţară.

CZ 621.315.619.1

Nicola, Gr., Şonfeleanu, M. şi *Pascal, E.* : **Noi tipuri de materiale de presare cu înalte proprietăţi pentru scopuri electrotehnice.**

Electrotehnica 13, nr. 12, 1965, p. 431–439

Se prezintă studiile efectuate la I. C. P. E. în vederea obţinerii unor materiale de presare, care să aibă înaltă rezistenţă la arcul electric, bune proprietăţi mecanice şi electrice în medii cu umiditate ridicată şi bună capacitate de colorare.

De asemenea, se dau proprietăţile mecanice şi electrice în medii cu umiditate ridicată (menţinerea în apă şi la umiditate relativă de 957 ± 3 %) şi la temperatura de 120 °C, rezistenţa la arc electric în comparaţie cu acelea obţinute în străinătate.

CZ 621.316,932.1.017.7

Barbu, I. : **Consideraţii privind calculul termic al siguranţelor la scurtcircuit.**

Electrotehnica 13, nr. 12, 1965, p. 440–447

Se descrie modul de calcul al siguranţelor la scurtcircuit, ţinîndu-se seamă de variaţia parametrilor siguranţei cu expresia temperaturii. Din încercările efectuate asupra siguranţelor rapide, realizate de autor la I. C. P. E., se constată concordanţa calculelor cu rezultatele experimentale şi obţinerea unor performanţe la nivelul tehnicii actuale.

CZ 621.316.11.016.31.001.2.

Carabulea, A. : **Detectarea şi remedierea nesimetriei electrice.**

Electrotehnica 13, nr. 12, 1965, p. 448–461

Se prezintă o serie de scheme şi montaje pentru detectarea şi remedierea disimetriilor şi asimetriilor care apar în reţelele electrice încărcate dezechilibrat şi nesimetric.

RECENZII 462

REFERATE 462–464

REVISTA
„STUDII ŞI CERCETĂRI DE ENERGETICĂ ŞI ELECTROTEHNICĂ"

(apare de 6 ori pe an)

Revista se găseşte în al 16-lea an de apariţie şi cuprinde probleme de economie energetică, de electroenergetică, de electronică şi automatizări în energetică, ca şi de electrotehnică, de termoenergetică şi termotehnică, cum şi alte probleme care interesează pe specialiştii energeticieni şi electrotehnicieni.

În cadrul revistei sînt oglindite activitatea de cercetare şi experienţa energetică avansată din ţara noastră. Articolele, comunicările şi notele publicate privesc probleme şi informaţii în legătură cu tehnica avansată din întreaga lume şi constituie contribuţii originale la dezvoltarea energeticii contemporane.

O rubrică specială prezintă recenzii asupra celor mai bune cărţi apărute în literatura energetică mondială, ceea ce permite cititorilor să se informeze cu regularitate despre ultimele apariţii din bibliografia modernă de specialitate.

Rubrica „Din viaţa internaţională" informează pe specialiştii din domeniul energetic despre conferinţele şi congresele de specialitate şi despre activitatea organizaţiilor naţionale şi internaţionale de energetică.

Materialele apărute sînt utile tuturor celor ce activează în domeniul energetic, atît în sectorul de cercetare cît şi în producţie: cercetători, proiectanţi, cadre didactice din învăţămîntul superior, de la Facultăţile de energetică, electronică şi electrotehnică, de la Facultăţile de fizică din Universităţi şi Institute pedagogice, personalul de specialitate din Ministerele Energiei Electrice, Construcţiilor de Maşini şi celelalte departamente şi din unităţile subordonate, cadrele de specialişti de la toate unităţile hidro şi termoenergetice din ţară.

Abonamentele se primesc la oficiile poştale, agenţiile poştale, factorii poştali şi difuzorii de presă din întreprinderi şi instituţii.

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de documentele de partid şi de stat, îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie, este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să conţină propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei : de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic—ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, greceşti, germane şi cifrele romane.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum şi figuri sau tabele), atît cele speciale, cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcrieri originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus în paranteză), revista, volumul, numărul, luna şi anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină faţă, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titluri, funcţii, localitatea şi adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

REVISTA

„STUDII ŞI CERCETĂRI DE ENERGETICĂ ŞI ELECTROTEHNICĂ"

(apare de 6 ori pe an)

Revista se găseşte în al 16-lea an de apariţie şi cuprinde probleme de economie energetică, de electroenergetică, de electronică şi automatizări în energetică, ca şi de electrotehnică, de termoenergetică şi termotehnică, cum şi alte probleme care interesează pe specialiştii energeticieni şi electrotehnicieni.

În cadrul revistei sînt oglindite activitatea de cercetare şi experienţa energetică avansată din ţara noastră. Articolele, comunicările şi notele publicate privesc probleme şi informaţii în legătură cu tehnica avansată din întreaga lume şi constituie contribuţii originale la dezvoltarea energeticii contemporane.

O rubrică specială prezintă recenzii asupra celor mai bune cărţi apărute în literatura energetică mondială, ceea ce permite cititorilor să se informeze cu regularitate despre ultimele apariţii din bibliografia modernă de specialitate.

Rubrica „Din viaţa internaţională" informează pe specialiştii din domeniul energetic despre conferinţele şi congresele de specialitate şi despre activitatea organizaţiilor naţionale şi internaţionale de energetică.

Materialele apărute sînt utile tuturor celor ce activează în domeniul energetic, atît în sectorul de cercetare cît şi în producţie: cercetători, proiectanţi, cadre didactice din învăţămîntul superior, de la Facultăţile de energetică, electronică şi electrotehnică, de la Facultăţile de fizică din Universităţi şi Institute pedagogice, personalul de specialitate din Ministerele Energiei Electrice, Construcţiilor de Maşini şi celelalte departamente şi din unităţile subordonate, cadrele de specialişti de la toate unităţile hidro şi termoenergetice din ţară.

Abonamentele se primesc la oficiile poştale, agenţiile poştale, factorii poştali şi difuzorii de presă din întreprinderi şi instituţii.

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de documentele de partid şi de stat, îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie, este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să conţină propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei : de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic—ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, greceşti, germane şi cifrele romane.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum şi figuri sau tabele), atît cele speciale, cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcrieri originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus în paranteză), revista, volumul, numărul, luna şi anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină faţă, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titluri, funcţii, localitatea şi adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 12.83

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

Anul 13 Nr. 12 București, decembrie 1965

Tipuri moderne de instalații de acționare cu motoare de curent continuu și amplificatoare magnetice

Eugen Șofan, Șerban Basarab, Mariana Constantinescu, Doina Emanoil și Dumitru Negoescu* – București

CZ 621.34 : 621.313.2 : 621.318.4

Cerințele tehnologice moderne impun pentru instalațiile de acționare electrică o mare varietate de condiții cinematice și de o exigență deosebită [1].

Satisfacerea lor a devenit imposibilă cu ajutorul caracteristicilor mecanice naturale ale motoarelor electrice sincrone, asincrone sau de curent continuu. Linia principală de dezvoltare a tehnicii actuale nu constă însă în introducerea în industrie a unor tipuri noi de motoare electrice. Soluția principală s-a găsit în combinarea tipurilor clasice, binecunoscute, cu alte elemente funcționale mecanice, electromagnetice sau electronice, astfel îmbinate încît ansamblul realizat să asigure condițiile cinematice impuse de către cerințele tehnologice ale diferitelor aplicații industriale [2]; [3].

O combinație mult folosită în tehnica acționărilor electrice este constituită din ansamblul format dintr-un motor de curent continuu cu excitație separată, alimentat prin indus de la un grup de amplificatoare magnetice, precedat sau nu, după caz, de regulatoare electronice [4]; [5]; [6].

Această combinație se caracterizează printr-o adaptabilitate deosebită la condițiile impuse privind domeniul de ajustabilitate și plaja de toleranțe a turației, cerințele de protecție etc., alături de siguranța în funcționare și comoditatea comenzilor [4]; [5]; [6]; [7]. Reprezintă un succes neîndoielnic al industriei noastre electrotehnice faptul că acest gen de instalații de acționare este de cîtva timp realizabil, exclusiv sau aproape exclusiv, cu produse de fabricație românească.

În cele ce urmează se vor da, pe baza unor proiecte întocmite în ultimii ani de către unele colective de lucru din Institutul de proiectări pentru aparataj electrotehnic și instalații de automatizare din București, patru exemple care vor ilustra cele arătate.

Primul exemplu se referă la instalația de acționare a rolelor trăgătorului de țevi ale unei linii pentru extruderea maselor termoplastice.

Aceasta este, de fapt, una din aplicațiile în care acționarea electrică cu turație ajustabilă a pătruns în chimia industrială [8].

În figura 1 sînt indicate principalele elemente ale liniei de extrudere în discuție.

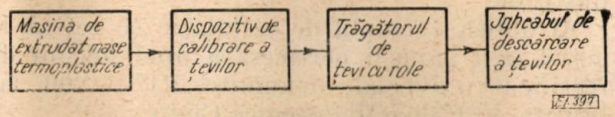


Fig. 1 Principalele elemente ale liniei pentru extinderea maselor termoplastice.

În cazul dat, condițiile cinematice impuse la arborele motorului au fost :

– domeniul de variație a turației : 300 – 1500 rot/min (raportul 1: 5);

– toleranța de ± 3% față de valoarea inițială a turației fixate, pentru abateri ale tensiunii rețelei de ± 10% și ale frecvenței de ± 1%.

Condițiile impuse au dus la adoptarea unei soluții relativ simple, în care amplificatorul magnetic este în același timp regulator și amplificator de putere.

În figura 2 se dă schema-bloc a soluției adoptate. Există o singură buclă de reglare cu ajutorul căreia tensiunea de alimentare a indusului motorului se menține la valoarea fixată.

În instalația concretă, motorul M de 1 kW, 1 500 rot/min, de tipul Ce 32 N este alimentat de la un amplificator magnetic cu autosaturație și cu ieșire în curent continuu de tipul AMSU-4a, avînd o înfășurare de comandă și una de polarizare. În paralel cu bornele indusului motorului este conectată o diodă de descărcare, iar în serie, o bobină de filtrare. În circuitul înfă-

* Autorii lucrează la I.P.A.

șurării de comandă este conectată de asemenea, o bobină de filtrare. Tensiunea de referință U^* este luată de la un stabilizator ferorezonant, iar comparația cu tensiunea măsurată U_m se face pe cale galvanică.

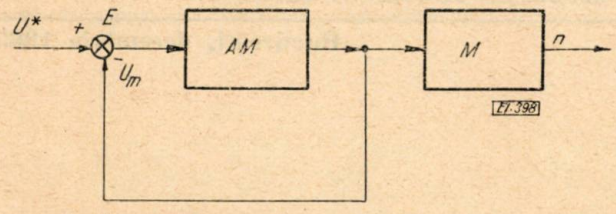


Fig. 2. Schema-bloc pentru reglarea turației motorului de antrenare a rolelor:
AM – amplificator magnetic; *M* – motor de curent continuu; *E* – elemente de comparație.

Posibilitatea asigurării unor abateri ale turației sub ± 3% se explică, în cazul dat, în afară de domeniul nu prea mare al ajustabilității turației, prin absența perturbațiilor de sarcină în regimul de lungă durată.

Elementele componente ale instalației în discuție sînt toate de fabricație românească, cu excepția stabilizatorului, la asimilarea căruia s-a renunțat pe parcurs. În particular, amplificatorul magnetic face parte din seria unitară asimilată de Uzina „Electrotehnica" din București.

Linia de extrudere din care face parte instalația examinată este în curs de fabricație industrială.

Al doilea exemplu de instalație se referă la acționarea păpușii portpiesă a unei mașini de rectificat universale denumite RU – 200, fabricată de Uzina Metalurgică Cugir.

Folosirea instalațiilor moderne de acționări electrice a permis înregistrarea unor progrese însemnate în satisfacerea cerințelor de exploatare relativ ridicate ale acestui tip de mașini-unelte [9], [10].

În cazul dat s-a pus problema înlocuirii unei instalații de acționare existente, cu altă instalație avînd performanțe tehnologice mult crescute.

Condițiile cinematice impuse la arborele motorului au fost:

- domeniul de variație a turației este 75 – 1 500 rot/min (raportul 1 : 20 față de valoarea veche de 1 – 8, care corespundea la un domeniu de ajustare echivalent, în trepte, de la 125 la 1 000 rot/min);
- toleranța de ± 10 % la turația minimă față de valoarea impusă inițial.

În figura 3 se dă schema-bloc a soluției adoptate. În acest caz elementele de execuție – amplificatoarele magnetice – sînt precedate de regulatoare electronice. Avem două bucle de reglare în cascadă și anume a curentului *I* și a turației *II*.

De astă dată, în instalația completă, motorul *M* de 2,66 kW, 1 500 rot/min, 110 V rebobinat pentru 330 V de tipul Ce 42-N, este alimentat de la un grup trifazat format din trei amplificatoare magnetice de tipul AMSU-4a, montate în punte trifazată. Fiecare amplificator este prevăzut, pe lîngă înfășurarea de polarizare, și cu cîte 2 înfășurări de comandă identice, avînd în vedere funcționarea basculantă a amplificatorului electronic care alimentează aceste înfășurări. În circuitul principal nu mai este necesară bobina de filtrare, s-au păstrat însă dioda de descărcare și bobinele de filtrare din circuitele de comandă. De data aceasta tensiunea de referință n^x se ia de la o sursă electronică stabilizată de + 10, – 15 V care alimentează și regulatoarele electronice R_n și R_I. Comparația tensiunilor se face pe cale galvanică. Pentru bucla de reglare a turației *II* se compară tensiunea de referință n^x cu tensiunea electromotoare a motorului n, iar pentru bucla de reglare a curentului *I* tensiunea de referință I^x de la ieșirea din regulatorul R_n se compară cu căderea de tensiune *I* de pe o rezistență conectată în circuitul de alimentare a motorului. Înfășurarea de excitație este alimentată de la un stabilizator ferorezonant, în modul acesta cîștigîndu-se o independență destul de mare în raport cu variațiile de tensiune ale rețelei.

Tensiunea electromotoare a motorului, care reprezintă o măsură a turației, se obține prin formarea relației U-RI. Peste tot s-a asigurat separarea galvanică între circuitele de forță și cele de comandă. Instalația mai este prevăzută și cu posibilitatea de frînare dinamică prin conectarea unei rezistențe de frînare și cu deconectarea restului circuitului principal. O particularitate a instalației constă în lipsa transformatorului intermediar dintre rețea și amplificatoarele magnetice, ceea ce s-a putut obține prin rebobinarea motorului pentru tensiunea de 330 V.

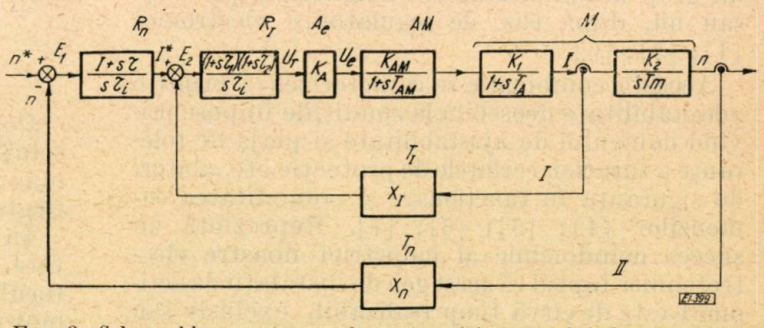


Fig. 3. Schema-bloc pentru reglarea turației motorului de antrenare a păpușii port-piesă:
M – motorul de curent continuu cu excitație separată; *AM* – grupul de amplificatoare magnetice; A_e – amplificatorul electric; *RI* – regulatorul de curent (cu comportare PID); R_n – regulatorul de turație (cu comportare PI); T_n – traductorul de turație; E_1, E_2 – elemente de comparație.

În figura 4 se dă schema cinematică a transmisiei pentru varianta veche și pentru cea cu

reglare electronică. Varianta cu reglare electronică duce la îmbunătățiri substanțiale privind performațele tehnice, comoditatea comenzii, simplificarea transmisiei mecanice etc.; ea este însă mai costisitoare, ceea ce a adus prejudicii introducerii sale în fabricația curentă.

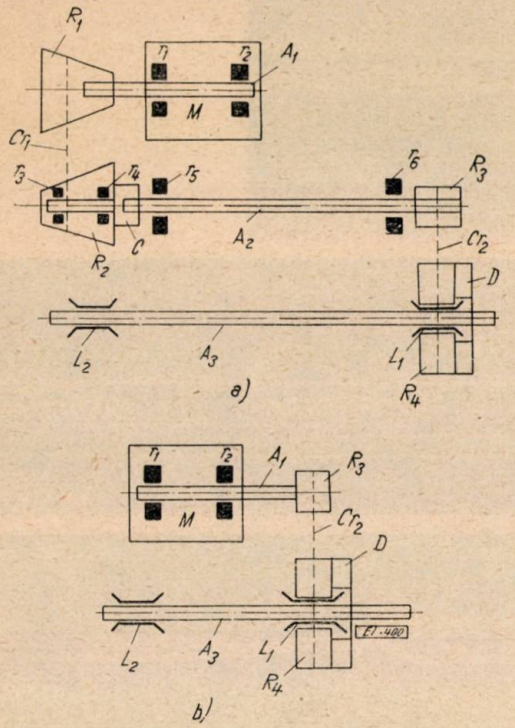


Fig. 4. Schema cinematică a transmisiei mecanice pentru antrenarea păpușii port-piesă:

a – în varianta inițială (cu motor asincron); *b* – în varianta cu reglare electrică (cu motor de curent continuu: *M* – motorul de antrenare; *R* – roată de cuplare prin curea; *Cr* – curea de transmisie; *A* – axă; *C* – cuplă mecanică; *r* – rulment; *L* – lagăr de alunecare.

De asemenea adaptarea unei instalații de acționare modernă pe o mașină-unealtă concepută pentru o instalație cu totul de alt tip a dus la dificultăți în ceea ce privește integrarea organică în mașină a noii soluții din punct de vedere constructiv și estetic, cerințe de bază în construcția actuală de mașini-unelte [11], [12].

Cu excepția stabilizatorului ferorezonant, instalația a fost concepută exclusiv cu elemente de fabricație românească. În particular, regulatoarele electronice prevăzute fac parte din sistemul UNIDIN asimilat de Uzina „Electromagnetica" din București.

Al treilea exemplu de instalație se referă la acționarea pietrei, respectiv a tobei de conducere a mașinii de rectificat fără centre de tipul denumit MA – 15, fabricată de Uzina „Rulmentul" Brașov.

Cele arătate în legătură cu mașina de rectificat universală, referitor la progresele realizate, rămîn și în acest caz valabile.

Condițiile cinematice impuse la arborele motorului au fost:

a) în regimul de rectificare a pieselor
   — domeniul de variație continuă a turației 138 – 825 rot/min (raport 1 : 6);
   — toleranțe, ± 20% față de valoarea fixată inițial la limita inferioară a turației;
b) în regimul de corectare a pietrei de conducere
   — un punct singular de funcționare la 3 450 rot/min (raport 1 : 25 față de turația minimă) cu o toleranță de ±10% față de valoarea inițială a turației.

Schema-bloc a soluției adoptate este aceeași ca și în cazul precedent (fig. 3).

O deosebire importantă a instalației concrete corespunzătoare în raport cu cea folosită la mașina de rectificat RU-200, descrisă mai înainte, constă în faptul că s-a admis alimentarea directă de la rețea atît a grupului de rezistență pentru comanda turației, cît și a înfășurării de excitație a motorului, contîndu-se pe compensarea parametrică a efectelor variațiilor tensiunii rețelei, la fel cum s-a procedat și la acționarea mai puțin pretențioasă a rolelor trăgătorului, descrisă la început. O altă deosebire constă în renunțarea la separarea galvanică dintre circuitul de forță pentru alimentarea motorului și circuitele de măsură.

În cazul dat s-a prevăzut un motor de 1,56 kW, 3000 rot/min și 330 V de tipul CE 42-UF și s-au folosit amplificatoare magnetice tot de tipul AMSU-4a.

Instalația descrisă a fost studiată în condiții de laborator, sarcina motorului fiind constituită dintr-un generator de curent continuu debitînd pe un grup de rezistențe.

În raport cu condițiile de funcționare impuse, încercarea experimentală a confirmat corectitudinea de concepție a schemei, inclusiv lipsa separărilor galvanice menționate, aducînd totodată și unele rezultate noi de care s-a ținut seama la definitivarea proiectului.

Astfel, de pildă, s-a constatat repornirea motorului după o scurtă pauză de la oprire. Fenomenul s-a eliminat, evitîndu-se reîncărcarea parazită a unui condensator din regulatorul de turație R_n, scurtcircuitîndu-se armăturile sale printr-o diodă orientată convenabil.

În figura 5 sînt reproduse oscilogramele 35 și 11 pentru un salt moderat, respectiv un salt pronunțat al tensiunii de referință, fără, respectiv cu intrarea în limitarea de curent. În partea stîngă a fiecărei oscilograme este înregistrat procesul de pornire. Se reproduc, de asemenea, oscilogramele 15 și 22 referitoare la variația bruscă a sarcinii.

Al patrulea și ultimul exemplu de instalație de acționare cu motor de curent continuu alimentat prin amplificatoare magnetice se referă la acționarea unui dispozitiv pentru încercări seismice asupra structurilor de edificii.

Partea mecanică a dispozitivului constă dintr-un excitator cu mase excentrice cu acțiune unidirecțională, arătată schematic în figura 6. Prin dispoziția simetrică a celor două mase

excentrice m_a și m_b egale între ele și ca urmare a sensurilor de rotație contrare rămîn numai componentele forțelor centrifuge normale pe linia centrelor celor două roți dințate R_a și R_b, dînd naștere unei forțe unidirecționale cu dințate, se pot determina frecvențele de rezonanță și alte proprietăți dinamice ale structurii respective [13]. Partea de acționare trebuie să asigure antrenarea corespunzătoare a roților R_a și R_b. În practică există diferite variante

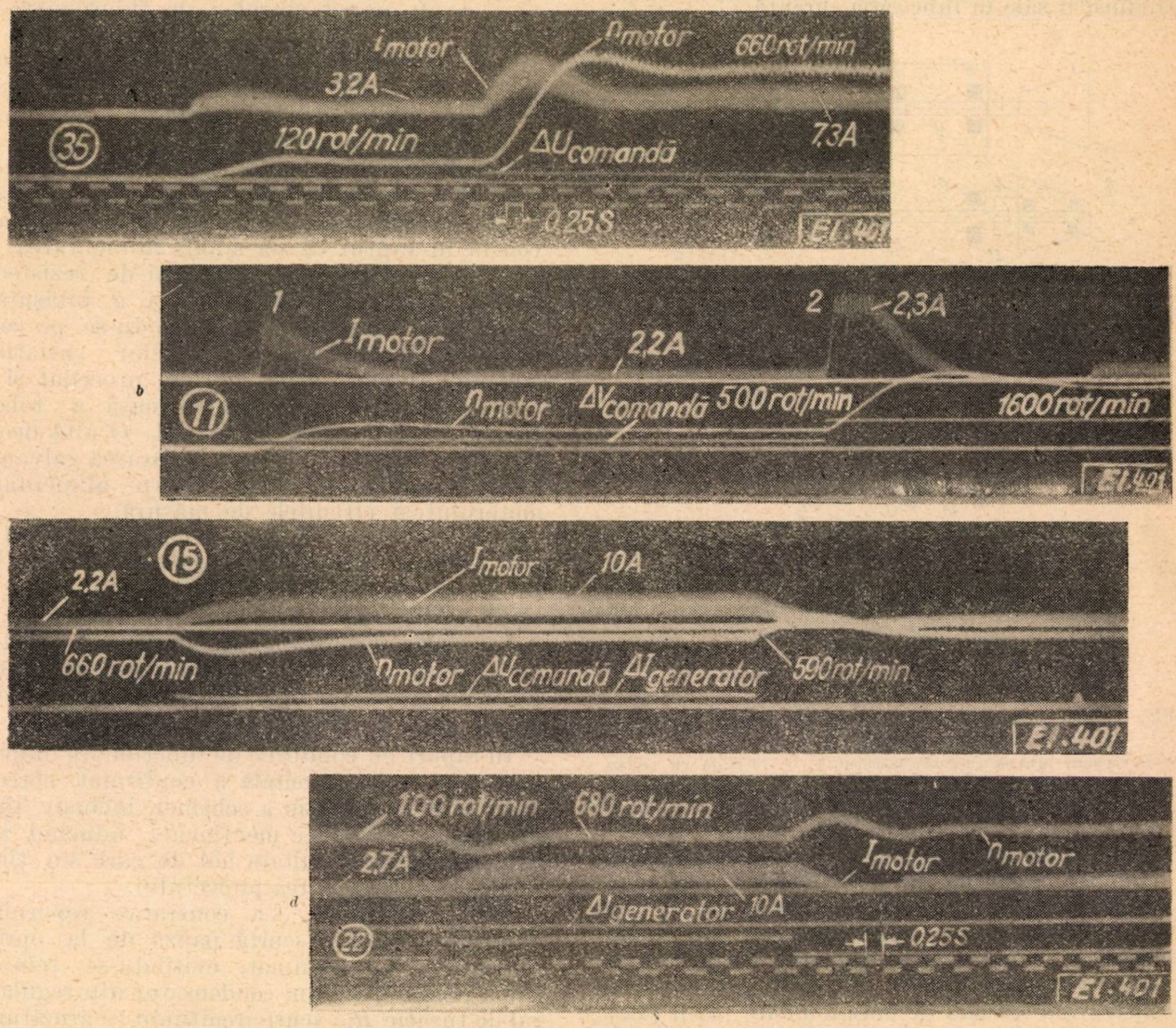


Fig. 5. Comportarea instalației experimentale:
a) comportarea la saltul tensiunii de referință (oscilograma *35* și *11*); b) comportarea la saltul de sarcină (oscilograma *15* și *22*).

Oscilograma	Parametrul examinat	Timpul de revenire aproximativ, s	Depășirea maximă aproximativă	Observații
35	turația motorului	2,5	20%	
11	turația motorului	3,5	20%	
	curentul rotoric	0,17	—	Intrat în limitarea de curent
15	curentul rotoric	2,5	20%	
22	curentul rotoric	1,5	20%	

variație sinusoidală în timp, în ipoteza că turația roților dințate rămîne constantă. Rigidizînd excitatorul mecanic cu planșeul structurii constructive și dînd diferite valori turației roților de realizare a excitatorului mecanic; principiul de bază rămîne însă același.

Condițiile cinematice impuse la arborele motorului au fost:

— domeniul de ajustare continuă a turaţiei 120 — 2 400 rot/min (raport 1 : 20);
— toleranţe ± 4% pentru limita inferioară, respectiv ±2% pentru limita superioară, faţă de valoarea turaţiei fixată iniţial;
— limitarea acceleraţiei unghiulare la ± 1 rot/s².

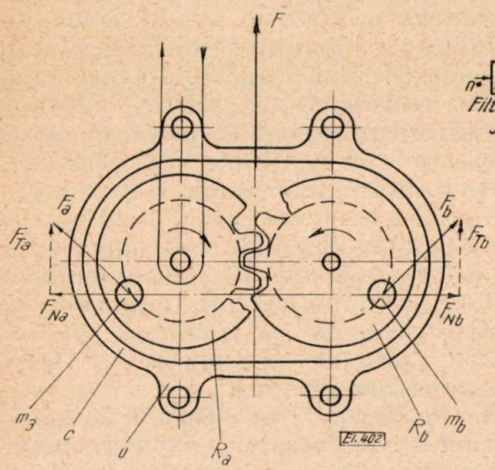


Fig. 6. Excitatorul mecanic cu mase excentrice cu acţiune unidirecţională.

Schema-bloc a soluţiei adoptate este dată în figura 7.

Particularitatea principală faţă de schemele-bloc pentru maşinile de rectificat RU-200 şi MA-15 constă în introducerea unei bucle de reglare suplimentare pentru obţinerea limitării acceleraţiei. Filtrele de la intrarea în regulatorul de turaţie şi cel de acceleraţie s-au prevăzut pentru compensarea efectelor unor dificultăţi de ecranare a conductoarelor de legătură.

Pentru acest ultim exemplu, în figura 8 se dă schema electrică desfăşurată simplificată a instalaţiei examinate.

Motorul de curent continuu M de 6,1 kW putere uniorară, 1350 rot/min şi 110 V de tipul Ce 61-N* este alimentat de la grupul de amplificatoare magnetice AM format din trei amplificatoare magnetice monofazate de tipul AMSU-5a. La rîndul lor acestea sînt alimentate de la transformatorul de forţă T_r, conectat la reţeaua trifazată de 380 V, 50 Hz. De data aceasta, motorul de curent continuu — disponibil la beneficiar — a fost impus şi, ca atare, nu s-a putut face o corelare a tensiunilor, care să permită eliminarea transformatorului intermediar dintre reţea şi amplificatoarele magnetice.

Ca şi la instalaţiile de acţionare pentru maşinile-unelte RU-200 şi MA-15, fiecare amplificator magnetic este prevăzut cu cîte o înfăşurare de polarizare şi cu cîte două înfăşurări de comandă identice între ele, alimentate de la amplificatorul electronic basculant A_e. Cele trei înfăşurări au înseriate cîte o bobină de filtrare B pentru stabi-

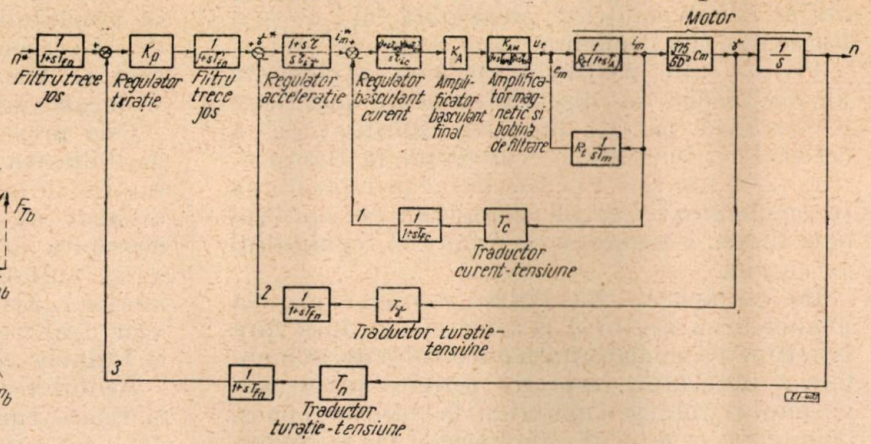


Fig. 7. Schema-bloc pentru reglarea turaţiei excitatorului mecanic cu mase excentrice.

lizarea funcţionării (atenuarea armonicilor de ordin par induse pe înfăşurările de lucru ale amplificatoarelor magnetice).

Între grupul de rezistenţe r_i pentru impunerea turaţiei şi amplificatorul A_e se găsesc cele trei regulatoare electronice R_a, R_I şi R_γ pentru reglarea turaţiei, a acceleraţiei, respectiv a curentului, împreună cu filtrele corespunzătoare. Alimentarea regulatoarelor menţionate se face de la sursa de tensiune stabilizată S_e. Amplificatorul A_e, de astă dată de 120 W,

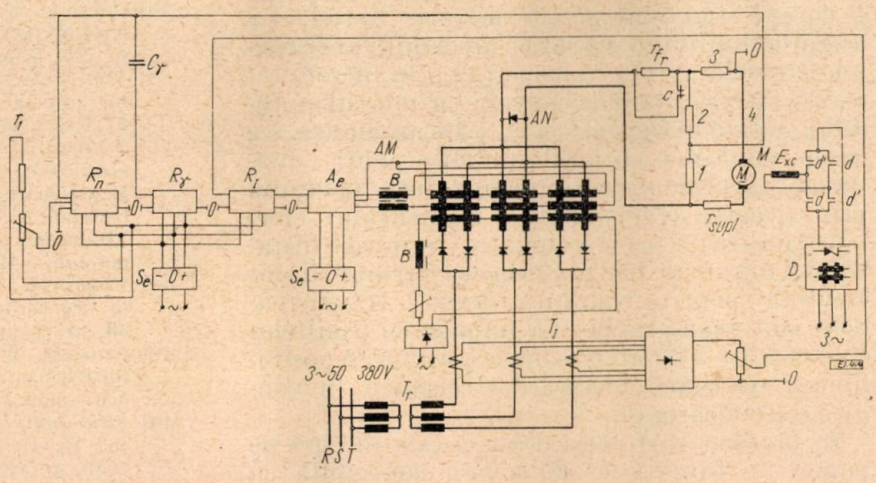


Fig. 8. Schema electrică desfăşurată simplificată pentru reglarea turaţiei excitatorului mecanic cu mase excentrice:
M — motor de curent continuu cu excitaţie separată; AM — grup de amplificatoare magnetice; T_r — transformator de forţă; A_e — amplificator basculant 120 W; R_I — regulator de curent (comportare PID); R — regulator de acceleraţie (comportare PI).

este alimentat de la sursa sa specială S'_e, nestabilizată.

Date fiind toleranţele strînse cerute prin temă, alimentarea rezistenţelor de impunere a

* În instalaţie, pe baza rezultatelor experimentale premergătoare, motorul s-a folosit la 4,5 kW pentru putere de durată, 2400 rot/min şi 180 V. Toate tipurile de motoare enumerate în cele patru exemple prezentate sînt fabricate la Uzina de Maşini Electrice Bucureşti.

turației, ca și alimentarea înfășurării de excitație a motorului se face de la surse stabilizate. Stabilizatorul ferorezonant din instalație pentru linia de extrudere și pentru mașina de rectificat RU-200 a fost însă înlocuit printr-un dispozitiv *D* de stabilizare a curentului, conceput cu diodă Zener și amplificator magnetic de mică putere.

Prin modul indicat de alimentare a grupului de rezistențe r_i și a excitației motorului se obține o independență pronunțată față de perturbațiile de tensiune provocate de rețea.

Printre alte particularități mai importante ale instalației în discuție se poate menționa dispozitivul pentru limitarea substanțială a accelerației maxime, nereprezentat în figura 8.

Această limitare voită se obține prin limitarea corespunzătoare pe cale disruptivă cu ajutorul unor diode, a tensiunii de intrare în regulatorul de curent.

De asemenea, instalația permite frînarea dinamică cu ajutorul rezistenței r_{fr}, însă fără întreruperea continuității circuitului de alimentare a indusului, respectiv permite inversarea sensului de rotație a motorului în stare de repaos. Contactele *c*, *d* și *d'*, din figura 8 fac parte din elementele de schemă necesare în acest scop.

Ca ultimă particularitate se menționează măsurarea accelerației unghiulare a motorului cu ajutorul a două diagonale în paralel ale aceleiași punți tahometrice. Cu ajutorul primei diagonale se măsoară tensiunea electromotoare a motorului, iar cu ajutorul celeilalte diagonale se face derivarea aceleiași tensiuni electromotoare cu ajutorul unui ansamblu RC. În figura 8, C_Y reprezintă condensatorul acestui ansamblu RC.

Pentru obținerea toleranțelor strînse, cerute prin temă, în afară de stabilizările de tensiune și curent s-au luat și alte măsuri. Astfel, s-a asigurat limitarea variației raportului rezistențelor brațelor punții tahometrice prin introducerea unei rezistențe balast în serie cu indusul motorului, notată în figura 8 cu r_{supl}. De asemenea, s-a impus limitarea variațiilor admise pentru tensiunea de alimentare și temperatura mediului prin alegerea convenabilă a momentului efectuării încercării, ca și stabilizarea termică a instalației și durata de lucru. Ultimele trei condiții sînt esențiale pentru limitarea derivei tranzistoarelor din regulatoare. La impunerea limitelor enumerate s-a ținut, bineînțeles, seama de posibilitatea efectuării încercărilor seismice în condiții satisfăcătoare.

În prezent, instalația descrisă este în curs de punere în funcțiune. Ea a fost concepută cu elemente fabricate în țară, cu excepția unor rezistențe, condensatoare și alte elemente asemănătoare provenite din import, însă care se pot produce în țară.

Acesta a fost cel de-al patrulea și ultimul exemplu de acționare de tipul menționat la început.

Succinta trecere în revistă a celor patru instalații de acționare cu motor de curent continuu alimentat prin amplificatoare magnetice ilustrează cele arătate la început în privința deosebitei adaptabilități a acestui tip de acționare la condițiile impuse privind domeniul de ajustabilitate, plaja de toleranțe a turației, cum și alte condiții suplimentare ca frînarea dinamică, limitarea de accelerație etc. Evident, gradul de complexitate și prețul de cost cresc cu creșterea exigențelor privind, în special, domeniul de ajustabilitate și toleranțele prevăzute, lucru de care trebuie să se țină seamă totdeauna. După cum se știe, economicitatea soluției depinde și de alți factori nu numai de prețul de cost.

Cele prezentate au confirmat, de asemenea, posibilitatea realizării unor instalații de reglare a turației de înaltă tehnicitate exclusiv sau aproape exclusiv cu produse românești. O importanță deosebită are în această privință asimilarea seriei unitare de amplificatoare magnetice la fabrica „Electrotehnica" și asimilarea modulelor tranzistorizate ale sistemului UNIDIN la Uzinele „Electromagnetica".

Asimilarea în țară a altor elemente de automatizare, cum sînt redresoarele cu siliciu comandate, va permite realizarea cu produse indigene a unor instalații de acționare cu o tehnicitate și mai ridicată.

Bibliografie

[1] *Geyer, W.* și *Strole, D.* Entwicklungstendenzen bei geregelten elektrischer Antrieben. In: Siemens Zeitschrift **39**, nr. 5, mai 1965, p. 490–495.

[2] *Peach, N.* Adjustable – speed Drives match modern Process needs. In: Power **104**, nr. 7, iulie, 1960, p.63–68.

[3] *Șofan, E.* ș.a. O schemă modernă de reglare a vitezei, realizată cu elemente de fabricație indigenă. Comunicare, Academia R.P.R., 1963.

[4] *Kümmel, F.* Rege'transduktoren. Theorie und Anwendungen in der Regelungstechnik, Berlin, Springer-Verlag, 1961, p. 349–379 și 431–437.

[5] *Offer, U.* ș.a. Transduktor – Gleichstromantriebe mit TRANSIDYN – Regelung. In: Siemens Zeitschrift **34**, nr. 10, octombrie 1960, p. 648–652.

[6] *Tones, R. B.* și *Olds, A. R.* Static Power Supplies for adjustable Speed Drives. In: Electrical Engineering **81**, nr. 3, martie 1962, p. 178–186.

[7] *Ochsner, K.* Utilizarea transductoarelor cu comanda de tensiune ca preamplificatoare și amplificatoare de putere la acționări industriale. Energetică, Electrificare, Electrotehnică. Caiet selectiv, nr. 8, 1962, p. 428–431. Traducere din Elektrizitätsverwertung **63**, nr. 10, octombrie 1961, p. 297–301.

[8] *Fischer, H.* Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe in der chemischen Industrie. In: Siemens Zeitschrift **38**, nr. 6, iunie 1964, p. 395–404.

[9] *Fritzsche, W.* Anwendungen magnetischer Verstärker für Kleinantriebe. In: AEG Mitteilungen **49**, nr. 10 11, oct – nov 1959, p. 524–530.

[10] *Steinbrunner, M.* Regelantriebe für Schleifmaschinen. In: Brown Boveri Mitteilungen **45**, nr. 10, octombrie 1958, p. 473–483.

[11] *Mayer, M.* Die Anpassung des Elektromotors an die Arbeitsmaschine. In: Elektro-Technik **44**, nr. 6, februarie 1962, p. 51–54.

[12] *Wessel, R.* Der Elektromotor – Bestandteil der Werkzeugmaschine. In: Elektro-Technik **44**, nr. 6, februarie 1962, p. 55–56.

[13] *Hudson, D.* Resonance Testing of Full-Scale Structures. In: Journal of the Engineering Mechanics Division **90**, nr. EM 3, part. 1, iunie 1964, p. 1–19.

Intrat în redacție la 29. IX. 1965

Noi tipuri de materiale de presare cu înalte proprietăți pentru scopuri electrotehnice

Grigore Nicola, Mihai Şonfeleanu şi Emil Pascal* — Bucureşti

CZ 621.315.610.1

Dezvoltarea în ritm rapid a industriei noastre constructoare de maşini şi aparate electrotehnice a pus problema studierii unor tipuri de materiale care să aibă rezistenţă la arcul electric, bune proprietăţi electrice şi mecanice în medii cu umiditate ridicată, rezistenţă la lumina ultravioletă, bună capacitate de colorare. Dintre lianţii care oferă produselor rezistenţa la arcul electric şi bune proprietăţi în medii cu umiditate ridicată sînt răşinile melaminoformaldehidice [1], [2], [3] dialilftalice [5] şi siliconice [6]. O calitate importantă a răşinilor melaminoformaldehidice este rezistenţa lor excelentă la abraziune, calitate ce le face propice pentru climatul „tropicus arridus".

Răşinile melaminoformaldehidice [1], [2], [3], [4], şi dialilftalice [5] mai au şi alte proprietăţi, şi anume : rezistenţa la lumina ultravioletă şi buna capacitate de colorare.

Răşinile melaminoformaldehidice au o contracţie mai mare decît răşinile siliconice şi izoftalice.

Proprietăţile comparative ale prafurilor de presare melaminoformaldehidice în comparaţie cu acelea ale prafurilor de presare pe bază de răşini siliconice şi izoftalice sînt prezentate în tabela 1 [7].

Pentru fabricarea suporturilor portperiilor destinate a fi folosite în climatul tropical o firmă engleză recomanda prafuri de presare melaminoformaldehidice armate cu fire de sticlă cunoscute sub denumirea de Maranyl A 190 [8]. Proprietăţile materialului de presare sînt prezentate în tabela 2.

Folosirea prafurilor melaminoformaldehidice pentru alte scopuri ca de exemplu : plăci de borne pentru motoare şi întreruptoare, este recomandată de o firmă americană [9]. Aceste prafuri de presare sînt cunoscute sub numele de Cymel 592 (melaminoformaldehidic cu umplutură azbest) şi Cymel 3135 şi Cymel 3136 (melaminoformaldehidice cu umplutura bucăţi de fire de sticlă). Proprietăţile lor sînt date în tabela 3. Firma engleză indicată mai sus recomandă pentru plăci de borne praful de presare cu umplutura de azbest K 594 [8].

De asemenea, în recomandările CEI se indică folosirea prafurilor de presare melaminoformaldehidice cu umplutură anorganică pentru plăci de borne. Proprietăţile lor sînt date în tabela 3.

Tabela 1

Proprietăţile şi preţurile comparative ale prafurilor de presare izoftalice, siliconice şi melaminoformaldehidice [7]

Denumirea caracteristicii	Unităţi de măsură	Praf de presare izoftalic	Praf de presare siliconic	Praf de presare melaminic
Rezistenţa la încovoiere	kgf/cm^2	700	500	700
Rezilienţa fără crestătură	$kgfcm/cm^2$	5,4	1,5	1,5
Rigiditatea dielectrică	kV/mm	14	12,8	12
Rezistivitatea de volum	Ωcm	10^{14}	10^{14}	10^{13}
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 10^6 Hz	—	0,02	0,006	01,03
Rezistenţa la arc electric	s	100	300	210
Capacitatea de colorare	—	satisfăcător	satisfăcător	foarte bune
Preţul de cost	cenţi	90	240	42
Temperatura maximă de funcţionare	°C	135	250	120

* S-au luat ca termen de comparaţie prafuri de presare cu aceeaşi umplutură.

În U.R.S.S. pentru camerele de stingere pentru contactoare se foloseşte praful de presare pe bază de răşină melaminoformaldehidică modificată cu umplutura minerală K 78 — 51 [6].

Pentru acelaşi scop se foloseşte şi praful de presare 77 — 51, material asemănător cu pre-

* Ing. *Gr. Nicola* este cercetător ştiinţific la I.C.P.E., ing. *M. Şonfeleanu* este şef de laborator la I.C.P.E., iar *E. Pascal* este inginer la acelaşi institut.

Tabela 2

Proprietăţile prafurilor de presare melaminoformaldehidice produse în S.U.A. [9]

Denumirea caracteristicii	Unităţi de măsură	Metoda de încercare	Cymel 1077–79	Cymel 592	Cymel 3135	Cymel 3020
			celuloză	azbest	fire sticlă	bumbac
Greutatea specifică	gcm^3	D 792	1,5	1,8	1,9–2,0	1,5
Rezistenţa la încovoiere	kgf/cm^2	D 790	700–1 050	525	1 100–1 650	840–1 050
Rezistenţa la compresiune	kgf/cm^2	D 695	2 800–3 150	1 850–2 100	1 400–1 850	2 800–3 150
Rezilienţa cu crestătură	kgfcm/cm^2	D 256	1,3–1,5	1,6–2,1	24–32,5	3,5
Absorbţia de apă după 24 ore	%	D 570	0,1–0,4	0,10–0,15	0,09–0,2	0,3–0,6
Rigiditatea dielectrică	kV/mm	D 143				
în condiţii normale		D 143	12–13,5	6,5–10	16,5–17	9–13,5
la temperatura de 100°C		D 143	8–10,5	3,5–4,5	11–12,5	2,5–3,5
Rezistivitatea de suprafaţă	Ω	D 257	4.10^{10}–3.10^{11}	5.10^{13}	2.10^{11}	7.10 –7.10^{11}
Rezistivitatea de volum	Ω cm	D 257	1–4.10^{10}	1.10^{13}	3.10^{12}	1–3.10^{11}
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 60 Hz		D 150	0,05–0,08	0,100	–	0,100–0,350
Constanta dielectrică la 60 Hz		D 150	8,4–9	10–10,2	9,7–11,1	8–12,6
Rezistenţa la arc electric	s	D 495	120–128	120–180	120–180	120–128

cedentul [6]. De asemenea, în U.R.S.S., pentru camerele de contactoare funcţionînd în condiţii de umiditate ridicată, se foloseşte praful de presare melaminoformaldehidic cu umplutura azbest VEI-12 [6].

Recent a fost pus în fabricaţie, în U.R.S.S., un praf de presare pe bază de răşină melaminoformaldehidică modificată cu răşină siliconică pentru camere necesare la fabricarea contactoarelor, destinate a funcţiona în climatul tropical în locul prafului de presare VEI -12 [6].

Proprietăţile prafurilor de presare sînt date în tabela 3. Consideraţiuni teoretice şi practice privind obţinerea răşinilor melaminoformaldehidice au fost prezentate în lucrare [10].

Răşinile melaminice sub formă de soluţie [10] se utilizează ca atare sau se stabilizează cu un amestec de alcool şi paratoluensulfonamida, cu polioli, cu tione ciclice sau cu acrilamida [10].

Transportul soluţiilor chimice nu este economic în cazuri speciale cînd răşina se foloseşte în locuri diferite decît acel al fabricării şi în aceste cazuri se folosesc răşini sub formă uscată (solidă).

La răşina considerată 100% se adaugă 50–60% umplutură, 0,5 – 3% agent de demulare sau lubrifiant. Ca agenţi de demulare pentru prafurile de presare melaminoformaldehidice se foloseşte stearatul de zinc sau de aluminiu [3].

Adăugarea colorantului se face uneori în timpul măcinării. Colorarea răşinilor melaminice se face cu coloranţi în proporţie variabilă de la 0,05 – 0,1% [12]. Colorarea prafurilor de presare se execută numai în cazul cînd aspectul piesei este de mare importanţă. În acest caz se recomandă să se utilizeze ca material de umplutură alfa-celuloza. Aceasta se combină chimic cu răşina melaminică dînd o transparenţă excepţională. Cînd aspectul este de importanţă mai mică se întrebuinţează alte umpluturi, ca de exemplu făina de lemn.

Colorarea prafului de presare se efectuează aproape totdeuna în timpul măcinării, iar în cazuri particulare este necesar să se folosească coloranţi solubili în apă sau alcool care se adaugă la soluţia de răşină.

Ca materiale de umplutură funcţie de scopul urmărit se folosesc cele indicate în continuare.

În cazul cînd produsului finit i se cer înalte proprietăţi electrice, în condiţii normale sau cu umiditate ridicată, se foloseşte mica sub formă de fulgi sau de praf. Cînd în afara proprietăţilor electrice se cer şi proprietăţi mecanice atunci se utilizează un amestec de fibre de bumbac şi fulgi de mică măcinaţi grosolan.

Alt material de umplutură cu structură fibroasă cu fibră, în general, scurtă, flexibilă, de culoare albă, de nuanţă verde-brun cu înaltă rezistenţă termică şi chimică, este azbestul [12].

Varietatea cea mai folosită în industria electrotehnică este crisolitul, un silicat de magneziu hidratat cu formula chimică empirică $3\,MgO.SiO_2\,2\,H_2O$. Consideraţiuni asupra proprietăţilor acestuia au fost prezentate în lucrarea [13]. După impregnare cu răşină melaminoformaldehidică, azbestul oferă o bună rezistenţă termică şi excelentă stabilitate la agenţi chimici.

Tabela 3

Proprietăţile materialelor de presare melaminoformaldehidice realizate în străinătate

Denumirea caracteristicii	Unităţi de măsură	ELVEŢIA [11]			R.F.G. [15]		U.R.S.S. [6]			C.E.I. [7]		ANGLIA [8]
		Melopas M celuloză	Melopas AR minerală	Melopas GL sticlă	Keramin 153 bumbac	Keramin 156 azbest	VEI 12 azbest	MΦk–20 azbest	bucăţi bumbac	fire azbest	fire sticlă	K 594 fire azbest
Rezistenţa la încovoiere	kgf/cm²	1 000–1 200	450	700–1 100	600	500	480–500	400–600	600–800	500–800	700–1 100	560–840
Rezilienţa fără crestătură	kgfcm/cm²	5–6	2,5	10–15	5	3,5	10	–	5–10	10–15	10–15	5,4–8,5
Stabilitatea termică Martens	°C	140	180	180	125	140	165–180	–	120–150	120–150	150–180	150
Absorbţia de apă după 24 ore	%	0,1–1	0,2–0,3	0,1–1,0	300 mg	200 mg	0,8–1,4	0,2–0,4	–	0,4–0,8	0,3–0,6	15–30 mg
Rezistenţa la arc electric	s	–	250	–	3*	4*	180	180	–	–	–	4*
Rigiditatea dielectrică	kV/mm	12	6–8	12,5–14	12–15	10–15	4,5–4,8	4–5	10–14	–	10–14	6
Rezistivitate de suprafaţă	Ω											
a) în condiţii normale		–	–	–	10^{10}	10^{9}	–	10^{11}	$10^{9}–10^{11}$	$10^{11}–10^{12}$	$10^{11}–10^{12}$	$10^{12}–10^{14}$
b) după menţinere 48 ore la umiditatea relativă		–	–	–	–	–	$10^{9}–10^{6}$ ***	$10^{6}–10^{7}$ ***	–	–	–	–
Rezistivitate de volum	Ωcm	$10^{11}–10^{12}$	$10^{11}–10^{12}$	10^{9}	10^{12}	10^{9}	4.10^{12}	$10^{11}–10^{12}$	$10^{8}–10^{10}$	$10^{9}–10^{10}$	$10^{9}–10^{10}$	$10^{12}–10^{14}$
Constanta dielectrică la 50 Hz şi temperatura normală		–	–	–	–	6–25	–	–	–	–	–	–
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 50Hz		–	–	–	0–1**	0,1–0,3**	–	–	0,08–0,12	0,1–0,2	0,1–0,2	–

* Rezistenţa la foc DIN 57302

** Determinări la 800 Hz

*** După menţinere 10 zile la 95 ± 3%

Un alt material de umplutură folosit la obținerea prafurilor de presare, în special privind aspectul piesei este celuloza de calitate superioară cunoscută sub numele de alfa-celuloza. De asemenea s-a utilizat pentru amestecuri de presare, la care se cer bune proprietăți mecanice, bucăți de țesătură de bumbac. Caracteristicile mecanice ale amestecului de presare variază cu calitatea țesăturii de bumbac utilizată.

Lucrări experimentale de laborator

În colaborare cu combinatul Chimic-Victoria au fost elaborate prafuri de presare melaminoformaldehidice cu diferite umpluturi.

Rășinile melaminice s-au obținut prin condensarea melaminei cu formaldehidă la un raport molar teoretic de 1/3. Condensarea s-a efectuat într-un reactor de laborator cu refrigerent de răcire pînă la un grad de condensare 1/12, obținîndu-se o rășină cu următoarele caracteristici:

— durata de conservare a rășinii la temperatura de 25°C este de maximum 3 zile;
— conținutul în formaldehidă liberă este de 4 — 5%.

Acest tip de rășină a avut un tip de conservare foarte scurt. Totuși, pentru a se constata dacă proprietățile fizico-mecanice, electrice și termice sînt influențate, s-au elaborat prafuri de presare cu diferite umpluturi. Dintre acestea se indică în continuare cîteva mai importante.

Material de presare melaminoformaldehidic cu umplutura din bucăți de țesătură de bumbac, tip MB. Materialul s-a obținut folosind bucăți de țesătură de bumbac „muncitorul", cu dimensiunea maximă de 20 x 25 mm, spălate, în prealabil, și uscate la temperatura de 105 ± 5°C timp de 4 ore.

Impregnarea s-a făcut într-un malaxor cu brațe în care s-a adăugat o parte de rășină 100% la o parte bucăți de țesătură de bumbac. Acestea s-au malaxat timp de 2 ore, după care s-au introdus într-o etuvă cu un vid de 400 mm col. Hg avînd o temperatură de 90 — 95°C și s-au uscat pînă cînd o bucățică scoasă din etuvă se întărește la temperatura ordinară, rămînînd încă solubilă în apă.

Material de presare melaminoformaldehidic cu bucăți de fire de sticlă, tip MS. S-a folosit ca liant o rășină melaminoformaldehidică identică cu aceea indicată, avînd următoarele caracteristici:

— grad de condensare 1/12 părți;
— conținut în substanțe nevolatile la 120° 55%.

Firele de sticlă s-au tăiat cu ajutorul unei foarfece ghilotină și după aceea s-au spălat, modul de lucru fiind asemănător cu acela descris în lucrarea [13]. Uscarea pastei s-a efectuat ca la tipul MB. Defibrarea pastei uscate s-a făcut cu o mașină cu șnec.

Praf de presare cu umplutură de fulgi de azbest, tip MA. S-a folosit același tip de rășină. Ca material de umplutură s-au utilizat fulgi de azbest importați din R.D.G., cu un conținut în $Fe_2O_3 + FeO$ de 5,35%. Impregnarea și uscarea azbestului s-a executat în același mod ca la tipurile MB și MS.

Din aceste prafuri s-au presat discuri și bare în următoarele condiții: — presiunea specifică 500 ± 50 kg/cm²; — temperatura de presare 150 ± 5°C; — timpul de presare pentru praf de presare cu umplutură organică, 30 — 60 min/mm și cu umplutură anorganică, 1 — 2 min/mm.

Încercările fizico — mecanice și termice. Încercările mecanice ca determinările de rezilienă și rezistență la încovoiere s-au efectuat pe bare cu dimensiunile de 120 x 15 x 10 mm, iar din părțile rupte s-au tăiat bucăți cu dimensiunile de 15 x 15 x 10 mm, care s-au folosit pentru determinarea rezistenței la compresiune și a absorbției de apă. Rezultatele încercărilor fizico-mecanice și termice sînt prezentate în tabela 4.

Analizînd rezultatele în comparație cu acelea obținute în străinătate, prezentate în tabela 2 și tabela 3, se constată că proprietățile mecanice sînt, în general, inferioare produselor similare obținute în S.U.A., tabela 2 și egale sau inferioare acelora obținute în Europa, tabela 3.

Tabela 4

Proprietățile fizico-mecanice, termice și chimice ale materialelor de presare melaminoformaldehidice

Denumirea caracteristicii	Unități de măsură	Metoda de încercare	MB	MR	MS
			bucăți țesătură bumbac	bucăți țesătură relon	azbest
Rezistența la încovoiere	kgf/cm²	STAS 5886—58	670	600	655
Rezistența la compresiune	kgf/cm²	STAS 5813—58	1 650	1 500	2 000
Rezilența fără crestătură	kgfcm/cm²	STAS 5873—58	4,1	5	16,7
Stabilitatea termică Martens	°C	—	140	80	150
Absorbția de apă după 30 zile	%	*	1,57	0,5	1,85

* Determinările efectuate pe epruvete cu dimensiunile 15 × 15 × 10 mm

Tabela 5

Proprietăţile electrice ale prafurilor de presare în condiţii normale, după menţinerea la umiditatea relativă de 95 ± 3% şi la temperatură timp de 30 de zile

Denumirea caracteristicii	Unităţi de măsură	Metoda de încercare	M B bumbac	M S sticlă	M R reţon
Rigiditatea dielectrică	kV/mm	—	—	—	—
condiţii normale			7,1	8,47	12,5
după menţinere 30 zile la temperatura de 120°C		STAS 6257—60	2,58	5,47	12,5
după menţinere 30 zile la umiditatea de 95 ± 3%			1,95	2,50	12,0
Rezistivitatea de suprafaţă	Ω	STAS 6107—59			
condiţii normale			$3{,}2 \cdot 10^{22}$	$4{,}05 \cdot 10^{13}$	$3 \cdot 10^{13}$
după menţinere 30 zile la temperatura de 210°C			$2{,}7 \cdot 10^{14}$	$2{,}7 \cdot 10^{14}$	$5{,}0 \cdot 10^{11}$
după menţinere 30 zile la umiditatea de 95 ± 3%			$2{,}10 \cdot 10^{8}$	$2{,}2 \cdot 10^{9}$	$1{,}6 \cdot 10^{11}$
Rezistivitatea de volum	Ωcm	STAS 6107—59			
condiţii normale			$6{,}3 \cdot 10^{12}$	$1{,}23 \cdot 10^{14}$	$6{,}0 \cdot 10^{13}$
după menţinere 30 zile la temperatura de 120°C			$9{,}6 \cdot 10^{14}$	$6{,}5 \cdot 10^{14}$	$1{,}1 \cdot 10^{12}$
după menţinere 30 zile la umiditatea relativă de 95 ± 3%			$8{,}35 \cdot 10^{9}$	$6{,}0 \cdot 10^{14}$	$1{,}4 \cdot 10^{12}$
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz		STAS 2740—60			
condiţii normale			0,071	0,025	0,076
după menţinere 30 zile la temperatura de 120°C			0,024	0,017	0,023
după menţinere 30 zile la umiditatea relativă de 95 ± 3%			>1	>1	0,200

Proprietăţile electrice s-au determinat pe discuri cu diametrul de 100 mm. Aceste determinări au fost făcute cu scopul de a avea o imagine asupra modului de comportare în climat tropical artificial (menţinerea timp de o lună de zile la umiditatea de 95 ± 3%), cît şi asupra rezistenţei la temperatură de 120°C, luîndu-se în considerare aceasta, deoarece se presupune că piesele făcute cu aceste tipuri de prafuri se vor folosi pentru clasa E de izolaţie.

Proprietăţile electrice ale materialelor de presare în condiţii normale, după menţinere la umiditate relativă de 95 ± 3% şi la temperatura de 120 °C sînt prezentate în tabela 5. În figura 1 se dă variaţia tangentei unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz în funcţie de timpul de menţinere la temperatură. Această variaţie, destul de sensibilă cu temperatura, dovedeşte că acest tip de răşină nu se poate folosi ca liant la obţinerea materialelor pentru scopul urmărit.

În figura 2 se dă variaţia rezistivităţii de suprafaţă în funcţie de timpul de menţinere la umiditatea relativă de 95 ± 3%, iar în diagrama din figura 3 se dă variaţia rezistivităţii de volum în funcţie de timpul de menţinere la umiditate.

Variaţia tangentei unghiului de pierderi dielectrice în funcţie de timpul de menţinere la umiditate este prezenată în figura 4.

Deoarece răşinile melaminoformaldehidice, preparate după procedeul indicat, au avut o viaţă de conservare scurtă, practic, cîteva zile şi un conţinut ridicat în formaldehidă liberă

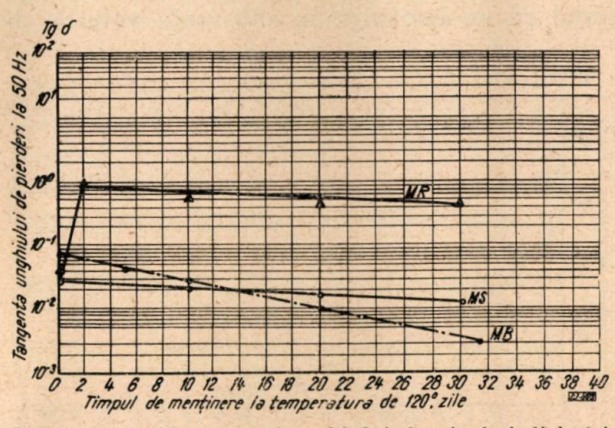


Fig. 1. Variaţia tangentei unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz în funcţie de timpul de menţinere la temperatură.

care produce dificultăţi în procesul de presare, lucrarea a fost reluată la I.C.P.E. În acest scop s-a studiat modul de variaţie al stabilităţii răşinilor melaminoformaldehidice în funcţie de raportul molar. Răşinile cu cea mai lungă viaţă, obţinute, au fost denumite răşini melaminoformaldehidice tip IV M F.

De aceea, în lucrările efectuate în laborator prezentate în cele ce urmează, s-a folosit rășină melaminoformaldehidică obținută în mod identic cu rășina melaminoformaldehidică tip IV MF,

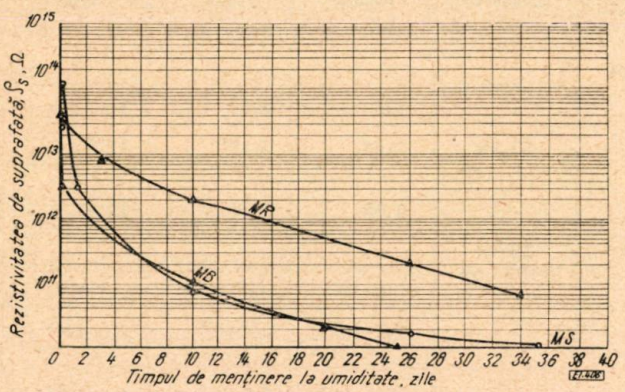


Fig. 2. Variația rezistivității de suprafață a prafurilor de presare în funcție de timpul de menținere la umiditatea relativă de 95 ± 3%.

realizîndu-se următoarele tipuri de materiale de presare.

Material de presare melaminoformaldehidic cu umplutură din bucăți de țesătură de bumbac, tip MFB. Ca material de umplutură pentru acest tip de material de presare s-au folosit capete de țesătură de la Țesătoria „Dacia" din București. Acestea s-au tăiat la mărimea maximă de 15 x 20 mm.

Întrucît bucățile tăiate conțin un apret, s-au fiert în apă pînă la obținerea unei ape de spălare clară, după care s-a efectuat uscarea în etuvă, la temperatura de 110 — 115°C.

Bucățile s-au impregnat cu rășină melaminică și apoi s-au uscat la temperatura de 90—95°C și un vid de 400 mm Hg, obținîndu-se un material cu un conținut în substanțe volatile de

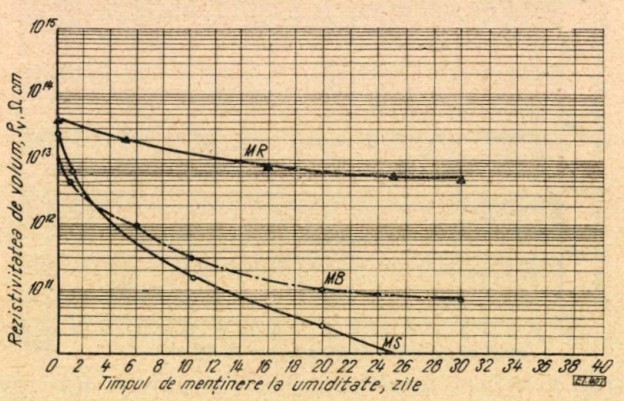


Fig. 3. Variația rezistivității de volum a prafurilor de presare în funcție de timpul de menținere la umiditatea relativă de 95 ± 3%.

maximum 4% și cu solubilitate în apă de 50—60%.

Praf de presare melaminoformaldehidic cu umplutură din alfa-celuloză, tip MFC. S-a folosit ca material de umplutură praf de alfa-celuloză indigenă rezultată de la fabricarea nitrocelulozei, rășina melaminoformaldehidică fiind obținută după procedeul descris în lucrarea [10], modul de obținere al prafului de presare fiind identic cu al tipului MFB. După uscare pasta s-a măcinat la o moară chiliană.

Praf de presare melaminoformaldehidic cu umplutură din azbest, tip MFA. Azbestul, după determinarea conținutului în $Fe_2O_3 + FeO$, s-a adăugat la soluția de rășină melaminică.

Pentru evitarea lipirii piesei de matriță, la soluția de rășină s-a adăugat 1,5 — 2% stearat de zinc. Malaxarea și uscarea a fost identică cu a tipului MFB. După uscare, materialul s-a măcinat.

Din acestea s-au presat epruvete (bare și discuri) pe care s-au efectuat încercările fizico-mecanice, termice, chimice și electrice. Presarea epruvetelor s-a efectuat în aceleași condiții ca la tipurile MB, MS și MR.

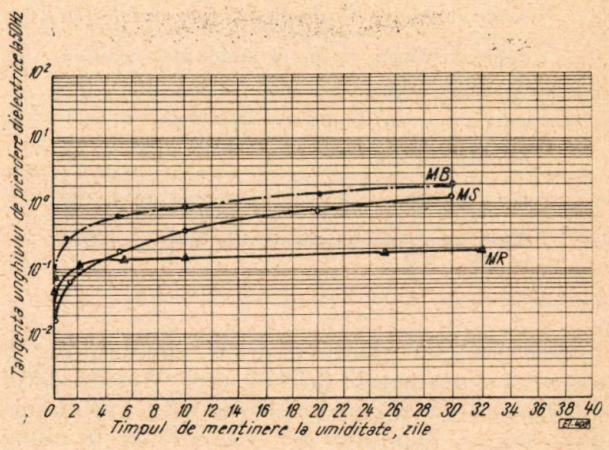


Fig. 4. Variația tangentei unghiului de pierderi dielectrice a prafurilor de presare în funcție de timpul de menținere la umiditatea relativă de 95 ± 3 %.

În tabela 6 se prezintă proprietățile fizico-mecanice și chimice ale prafurilor de presare melaminoformaldehidice cu diferite umpluturi.

Analizînd rezultatele, comparativ, cu acelea obținute în străinătate (tabela 2 și tabela 3) se constată că tipurile realizate de noi au unele proprietăți superioare față de tipurile corespunzătoare din străinătate (rezistența la compresiune, stabilitatea termică, absorbția de apă etc.). În tabela 7 se prezintă modul de comportare al prafurilor de presare la temperatura de 120°C și după o menținere de 24 ore în apă.

Valorile rigidității dielectrice și ale rezistivității de suprafață, după menținerea timp de 24 ore în apă, rămîn, practic, constante, o variație mai sensibilă fiind obținută la rezistivitatea de volum.

Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz după menținere în apă are valori,

Tabela 6

Proprietăţile mecanice, termice şi chimice ale prafurilor de presare melaminoformaldehidice

Denumirea caracteristicii	Unităţi de măsură	Metoda de încercare	M F C celuloză	M F B bucăţi ţesătură de bumbac	M F A azbest	Demilan**) minerală
Rezistenţa la încovoiere	kgf/cm²	STAS 5874—60	680	615	556	376,5
Rezistenţa la compresiune	kgf/cm²	STAS 5817—58	> 3 330	> 3 245	2 735	1 354,8
Rezilienţa fără crestătură	kgf cm/cm²	STAS 5813—58	4,55	4,45	3,58	1,93
Stabilitatea termică Martens	°C	—	180	145	190	145
Absorbţia de apă	%	*)				
după menţinere 24 ore		*)	0,10	0,19	0,34	0,20
după menţinere 30 zile			0,23	0,27	0,71	0,24
Absorbţia de benzen	%					
după menţinere 24 ore			—	—	—	—
după menţinere 30 zile			0,05	0,09	0,1	—
Rezistenţa la foc		DIN 57302	3	3	4	4

*) Determinările efectuate pe epruvete cu dimensiunile 15 × 15 × 10 mm.
**) Produs de firma VEREINGTE CHEMISCHE FABRIKEN VIENA, AUSTRIA

Tabela 7

Proprietăţile electrice ale prafurilor de presare melaminoformaldehidice cu diferite umpluturi

Denumirea caracteristicii	Unităţi de măsură	Metoda de încercare	MFC alfa – celuloză	MFB bucăţi de ţesătură de bumbac	MFA azbest	Demilan * minerală
Rigiditatea dielectrică	kV/mm	STAS 6257—59				
condiţii normale			14,8	10,2	7,16	14,6
la temperatura de 120°C			—	—	6,5	13
după menţinere 24 ore în apă distilată			12,8	9,1	7,1	14,3
Rezistivitatea de suprafaţă	Ω	STAS 6107—59				
condiţii normale			$>3{,}06 \cdot 10^{13}$	$8{,}6 \cdot 10^{12}$	$1{,}5 \cdot 10^{12}$	$3{,}7 \cdot 10^{13}$
la temperatura de 120°C			—	$1{,}43 \cdot 10^{11}$	$4{,}4 \cdot 10^{11}$	$4{,}7 \cdot 10^{11}$
după menţinere 24 ore în apă distilată			$>3{,}07 \cdot 10^{13}$	$2{,}4 \cdot 10^{12}$	$1{,}8 \cdot 10^{12}$	$1{,}07 \cdot 10^{13}$
Rezistivitatea de volum	Ω cm	STAS 6107—59				
condiţii normale			$>3{,}07 \cdot 10^{13}$	$1{,}98 \cdot 10^{12}$	$9{,}0 \cdot 10^{11}$	$1{,}07 \cdot 10^{13}$
la temperatura de 120°C			—	$2{,}4 \cdot 10^{10}$	$9{,}2 \cdot 10^{11}$	$1{,}6 \cdot 10^{12}$
după menţinere 23 ore în apă distilată			$3{,}7 \cdot 10^{12}$	$1{,}2 \cdot 10^{12}$	$2{,}6 \cdot 10^{11}$	$1{,}10 \cdot 10^{13}$
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz		STAS 2740—60				
condiţii normale			0,103	0,194	0,258	0,189
la temperatura de 120°C			—	0,175	0,315	0,219
după menţinere 24 ore în apă			0,096	0,168	0,433	0,198
Rezistenţa la arc electric		STAS 641—61	>10	>10	>10	>10

* Produs de firma VEREINGTE CHEMISCHE FABRIKEN VIENA, AUSTRIA

Tabela 8

Proprietăţile electrice ale prafurilor de presare melaminoformaldehidice după menţinere la temperatură şi la umiditate

Denumirea caracteristicii	Unităţi de măsură	Metoda de încercare	MFC alfa-celuloza	MFB bucăţi de ţesătură de bumbac	MFA azbest
Rigiditatea dielectrică	kV/mm	STAS 6257—60			
condiţii normale			14,8	10,2	7,16
după menţinere 30 zile la temperatura de 120°C			*)	*)	6,86
după menţinere 30 zile la umiditate relativă de 95 ± 3%			13,7	7,0	6,35
Rezistivitatea de suprafaţă	Ω	STAS 6107—59			
condiţii normale			$>3{,}07 \cdot 10^{13}$	$8{,}6 \cdot 10^{12}$	$1{,}5 \cdot 10^{12}$
după menţinere 30 zile la temperatura de 120°C			*)	*)	$<3{,}07 \cdot 10^{12}$
după menţinere 30 zile la umiditatea relativă de 95 ± 3%			$8{,}26 \cdot 10^{11}$	$1{,}21 \cdot 10^{11}$	$6{,}95 \cdot 10^{10}$
Rezistivitatea de volum	Ωcm	STAS 6107—59			
condiţii normale			$>3{,}07.10^{13}$	$1{,}98.10^{12}$	$9{,}2 \cdot 10^{11}$
după menţinere 30 zile la temperatura de 120°C			*)	*)	$>3{,}07 \cdot 17^{13}$
după menţinere 30 zile la umiditatea relativă de 95 ± 3%			$7{,}96 \cdot 10^{10}$	$5{,}44 \cdot 10^{10}$	$3{,}39 \cdot 10^{10}$
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice		STAS 2740—60			
condiţii normale			0,103	0,194	0,258
după menţinere 30 zile la temperatura de 120°C			*)	*)	0,046
după menţinere 30 zile la umiditate relativă de 95 ± 3%			0,168	0,433	0,439

*) Determinările nu au fost efectuate

aproximativ, egale cu acelea obţinute în condiţii normale, exceptînd tipul MFA.

La temperatura de 120°C, cele mai bune valori ale proprietăţilor electrice sînt obţinute

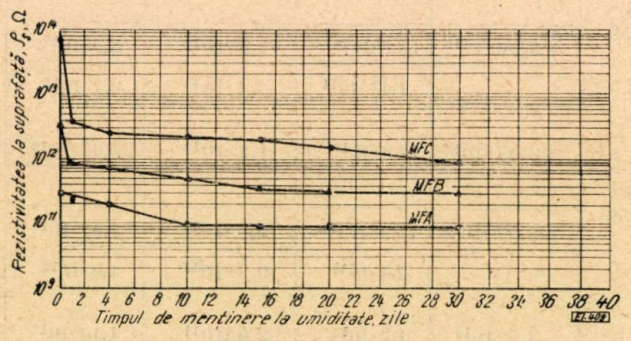


Fig. 5. Variaţia rezistivităţii de suprafaţă a prafurilor de presare melaminoformaldehidice în funcţie de timpul de menţinere la umiditate relativă de 95 ± 3%.

cu tipul MFA. În tabela 8 se dau proprietăţile electrice ale prafurilor de presare după menţinerea timp de o lună la umiditatea relativă de 95 ± 3% şi la temperatura de 120°C. Din această tabelă se constată că valorile rigidităţii dielectrice variază foarte puţin după menţinerea la umiditatea relativă de 95 ± 3%. După menţinerea la temperatura de 120°C se constată o îmbunătăţire a proprietăţilor electrice. Menţinerea timp de 30 zile la umiditatea relativă de 95 ± 3% are o influenţă puţin pronunţată faţă de condiţiile normale.

Valorile proprietăţilor electrice la temperatura de 120°C, comparativ cu acelea date de firma Cyanamid Co [9], sînt net superioare (tabela 2). Acelaşi lucru se poate spune şi despre proprietăţile electrice după menţinerea la umiditatea relativă de 95 ± 3%, care sînt, de asemenea, superioare tipurilor corespunzătoare din străinătate (tabela 3).

În figura 5 se dă variaţia rezistivităţii de suprafaţă în funcţie de timpul de menţinere la umiditatea relativă de 95 ± 3%. Din figură se constată că în prima zi se produce o scădere sensibilă la materialele cu umpluturi de natură organică, care apoi scad foarte lent, cele mai bune valori fiind obţinute cu tipul MFC, şi apoi cu tipul MFB. O variaţie puţin mai sensibilă este obţinută cu tipul MFA. În figura 6 se prezintă variaţia rezistivităţii de volum în funcţie de timpul de menţinere la umiditate, modul de variaţie rămînînd aproximativ ace-

lași ca la rezistivitatea de suprafață. Variația tangentei unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz în funcție de timpul de menținere la umiditate relativă de 95 ± 3% este reprezentată în figura 7. Cele mai bune valori sînt

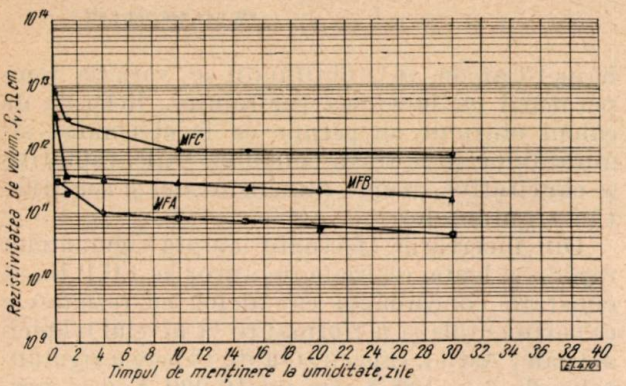


Fig. 6. Variația rezistivității de volum a prafurilor de presare melaminoformaldehidice în funcție de timpul de menținere la umiditatea relativă de 95 ± 3%.

obținute cu tipul MFC, iar cele mai slabe, cu tipul MFA. O creștere mai accentuată a tangentei unghiului de pierderi se observă la timpul MFB, care, practic, are valori intermediare.

Experimentări industriale

În vederea stabilirii comportării materialelor de presare în condițiile industriale s-au făcut presări de piese diferite la parametrii variabili, stabilindu-se următoarele condiții :

— temperatura de presare, 145 ± 5°C ;

— timpul de presare în funcție de umplutură organică sau anorganică pentru grosimi sub 5 mm, 50—100″/mm și pentru grosimi peste 5 mm, 40—60″/mm ;

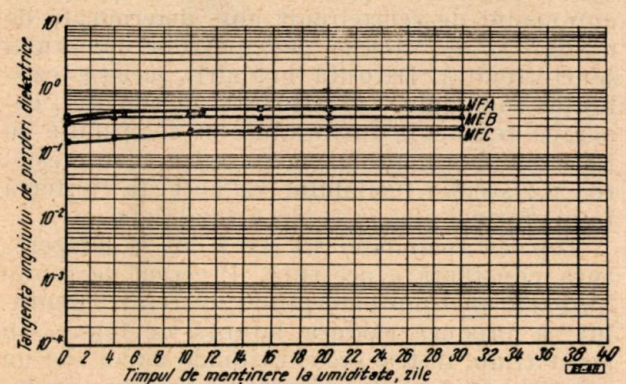


Fig. 7. Variația tangentei unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz, a prafurilor de presare melaminoformaldehidice în funcție de timpul de menținere la umiditatea relativă de 95 ± 3%.

— presiunea specifică, 350—500 kgf/cm².

La Întreprinderea Electroaparataj din București au fost presate în aceste condiții diferite piese pentru contactoarele din seria Al_3, care s-au comportat bine la încercări.

De asemenea la U. M. E. B. s-au presat suporturi portperii, ca de exemplu pentru generatorul cinematografic, cu tipul MFC și MFB și plăci de borne pentru motoare antiexplozive, cu tipul MFA.

Menționăm că aceste materiale de presare s-au comportat excelent în procesul de presare.

Actualmente, în colaborare cu Combinatul Chimic-Victoria, se execută experimentarea în vederea introducerii lor în fabricație.

Concluzii

Din cele arătate reiese că materialele de presare obținute la I. C. P. E. au rezistență înaltă la arcul electric, bune proprietăți electrice în medii cu umiditate ridicată, fiind recomandate la construcția mașinilor și aparatelor electrice, care vor funcționa în medii cu umiditate ridicată, cum și în cazurile în care se cere rezistența la arc electric, la lumina ultravioletă și la agenți chimici.

Tipurile de materiale de presare realizate au caracteristici egale sau superioare tipurilor corespunzătoare realizate în străinătate.

Bibliografie

[1] *West, J. H.* Amino resins. In : Modern Plastics Enciclopedia, vol. **39**, nr. 1 A, 1962, p. 161—163.

[2] Le materie plastiche nell' industria electrotecnica. In : Enciclopedia annuario delle materie plastiche. Milano, 1958, p. 473—483.

[3] *Blais, L.* Amino resins. New York, Ed. Reinhold Publishing Co, 1959.

[4] *Baroni, A.* Le resine melaminiche. In : Materie plastiche, nr. 5, mai 1955, p. 349—353.

[5] *Burnett, Leo* . Allyl resins and Monomer. In : Modern Plastics Enciclopedia, vol. **39**, nr. 1 A, 1962, p. 153—156.

[6] *Vardenburg, A. K.* Plasticeschie massi v electrotehnicescoi promișlenosti. Moscova, Ed. Gosudarstvennoe energeticesco izdatelsvo, 1963.

[7] A sumary guide to compounds. In : Material design Enginering, vol. **56**, nr. 1, iulie 1962, p. 102—108.

[8] Prospect B. I. P. Chimical Ltd Oldbury, Birmingham, Anglia,

[9] Prospect Cymel- Cyanamid Plastics American Cyanamid Co, S.U.A., p. 1—3.

[10] *Nicola, Gr.* Rășini melaminoformaldehidice pentru prafuri de presare și stratificate electroizolante. In : Materiale plastice, nr. 5, oct. 1965, p. 280—286.

[11] Prospect CIBA Aktiengesellschaft kunststoffabteilung. Basel-Elveția, 8612/d 600.715.

[12] La coloration des matièrs plastiques. Imperial Chemical Industries Ltd. Anglia, p. 81—84.

[13] *Nicola, Gr.* și *Șonfeleanu, M.* Noi tipuri de prafuri de presare cu înaltă stabilitate termică și cu bune proprietăți mecanice pentru scopuri electrotehnice. In : Electrotehnica **12**, nr. 11, noiembrie 1964, p. 413.

[14] Encyclopedie des isolants électriques. Monographie Gr. 342 isolants moulés thermodursie.

[15] Prospect Internazionale Galalith Geseleschaft. R.F.G. 1959, p. 31.

Intrat în redacție la 10.VII.1965

Consideraţii privind calculul termic al siguranţelor la scurtcircuit

Ion Barbu* — Bucureşti

CZ 621.316.923.1.017.7

Funcţionarea neîntreruptă a instalaţiilor electrice este posibilă numai în cazul în care acestea sînt echipate cu dispozitive de protecţie, care să permită separarea, la timpul oportun, a elementelor deteriorate, de celelalte elemente ale instalaţiei, şi care să reacţioneze rapid atunci cînd nu sînt respectate condiţiile normale de funcţionare a echipamentului electric [1].

Siguranţele fuzibile reprezintă cele mai simple şi mai ieftine aparate de protecţie a instalaţiilor electrice şi energetice, motiv pentru care există o preocupare permanentă în vederea îmbunătăţirii şi perfecţionării construcţiilor existente [2] şi elaborării de noi tipuri constructive. Larga utilizare a acestor aparate de protecţie în instalaţii diferite a impus realizarea mai multor tipuri de patroane fuzibile, care să difere între ele prin forma caracteristicii de fuziune şi prin acţionarea diferită la curenţii de scurtcircuit. Astfel, se disting patru tipuri de siguranţe fuzibile (rapide, inerte, ultrarapide şi inerte-rapide) pentru protecţia instalaţiilor [2], [3], [4] şi patru tipuri constructive (ultrarapide, rapide, inerte, ultrainerte pentru protecţia aparatelor [4].

Calculul dimensionării siguranţelor la scurtcircuit devine foarte important în condiţiile tehnicii actuale. Astfel, determinarea secţiunii, în punctul de strangulare, la siguranţele ultrarapide, folosite la protecţia redresoarelor cu siliciu şi germaniu, are o mare importanţă pentru protecţia redresorului. Dacă siguranţa nu întrerupe un curent de scurtcircuit de 14 I_n în mai puţin de 2 ms, redresorul este distrus de efectele termice ale curentului de scurtcircuit [5]. Determinarea curentului limitat şi a integralei pătratului curentului, în raport cu timpul, are deci importanţă în instalaţiile moderne.

În lucrare se descrie modul de calcul al siguranţelor la scurtcircuit, ţinîndu-se seamă de variaţia parametrilor siguranţei cu pătratul temperaturii. S-a integrat pătratul curentului, în forma cea mai generală, care apare în circuitele R, L, din care s-au obţinut cazurile limită, tratate în literatura de specialitate [7]. Trebuie menţionat că această integrală s-a mai calculat în literatura de specialitate [8], dar rezultatul obţinut din cauza calculului necorespunzător, nu este corect. De asemenea, s-a rezolvat ecuaţia diferenţială cu derivate parţiale a căldurii, pentru fenomenele adiabatice, în cazul curentului de scurtcircuit alternativ simetric, prin aplicarea transformatei Laplace şi a integralei Duhamel-Carson [6], obţinîndu-se variaţia temperaturii cu lungimea fuzibilului. Relaţiile de calcul obţinute au permis ca la elaborarea siguranţelor să se tragă concluzii utile, calitative şi cantitative, asupra dimensionării şi construcţiei siguranţelor.

Din încercările efectuate asupra siguranţelor rapide şi lente, realizate de autor la I.C.P.E., se constată concordanţa calculelor cu rezultatele experimentale şi performanţe la nivelul tehnicii actuale. Astfel, capacitatea de rupere a siguranţelor de 6 — 100 A este de 16 000 A, deşi normele [9], [10] indică 4 000 A, pentru siguranţele de 6 — 25 A; 8 000 A, pentru siguranţele de 25 — 63 A şi 16 000 A, pentru siguranţele de 80 — 200 A, iar caracteristicile de fuziune sînt conform normelor internaţionale [9], [10], [11], [12]. Siguranţele elaborate sînt introduse în fabricaţie sau sînt în curs de introducere la uzina „Electroaparataj", unde au existat preocupări în acest sens [10], [11], [12].

1. Fenomenele termice şi electrice în siguranţe

1.1. Fenomenele termice, care apar în fuzibilul siguranţei la întreruperea unui circuit, sînt, în general: încălzirea pînă la punctul de topire, topirea şi formarea arcului electric.

Încălzirea, în cazul curenţilor de scurtcircuit şi al timpilor mici cît durează acesta, se produce, practic, adiabatic. Mărimea şi forma curentului de scurtcircuit sînt determinate de natura şi de valorile parametrilor circuitului scurtcircuitat. Datorită încălzirii, variaţia rezistenţei fuzibilului nu influenţează curentul, deoarece rezistenţa fuzibilului, în comparaţie cu impedanţa circuitului, este mică, dar creşterea rezistenţei fuzibilului va accelera creşterea temperaturii pînă la topirea fuzibilului.

Topirea fuzibilului va avea loc la temperatura constantă a acestuia. Procesul de topire durează un timp determinat, necesar curentului să producă căldura latentă de topire. În acest timp, forţele gravitaţionale nu au nici un rol [7], prin urmare, fuzibilul lichid se va încălzi mai departe pînă la temperatura de vaporizare. După unele indicaţii [1] se pare că nu este necesar ca fuzibilul să treacă complet din starea solidă în cea lichidă, ci este suficient să fie topită numai o parte din el, pentru ca în urma apariţiei tensiunilor mecanice, ca efect electrodinamic, continuitatea circuitului să fie întreruptă.

Vaporizarea fuzibilului nu se produce instantaneu, ci după un oarecare interval de timp în care curentul trebuie să producă o cantitate de

* Ing. *I. Barbu* este cercetător principal la I.C.P.E.

energie corespunzătoare căldurii latente de vaporizare. În acest interval de timp, temperatura fuzibilului crește pînă la temperatura de vaporizare.

Arcul electric se formează înaintea vaporizării complete [7] a materialului, coerența acestuia fiind întreruptă. În accastă stare, temperatura crește repede, iar curentul scade pînă la zero, datorită creșterii rezistenței de arc, care devine preponderentă în circuit (fig. 1).

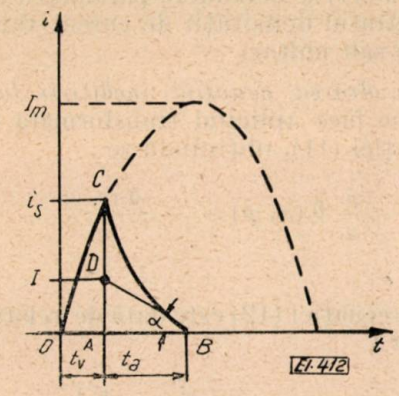


Fig. 1. Diagrama curentului de scurtcircuit în cazul unei siguranțe limitatoare.

2.1. Fenomenele electrice din circuitul siguranței despre care se vorbește în lucrare se referă la apariția, forma și întreruperea curentului de scurtcircuit. Procesele tranzitorii legate de apariția supratensiunilor nu vor fi studiate în această lucrare.

Se studiază cazurile des întîlnite ale curentului de scurtcircuit, continuu și alternativ, în circuite cu rezistențe și inductanțe.

Curentul continuu de scurtcircuit, care apare în circuite cu rezistențe și inductanțe, este de formă exponențială [7]:

$$i = I_0\left(1 - \exp\left(-\frac{t}{T}\right)\right), \qquad (1)$$

unde :
I_0 este curentul staționar ; T — constanta de timp a circuitului, $T = L/R$.

Curentul de scurtcircuit alternativ, care apare în circuite cu rezistențe și inductanțe, în forma generală, este dat de expresia [7]:

$$i = I_m\left[\sin(\omega t + \psi - \varphi) - \sin(\psi - \varphi).\exp\left(-\frac{t}{T}\right)\right], \qquad (2)$$

unde :
I_m este amplitudinea curentului de scurtcircuit staționar ; ψ — faza conectării tensiunii ; φ — defazarea dintre curent și tensiune.

Prima parte din relația (2) reprezintă componenta de scurtcircuit staționară, iar a doua parte, componenta de scurtcircuit aperiodică. Valorile limită ale curentului de scurtcircuit se obțin, în cazul scurtcircuitului simetric fără componentă asimetrică, iar al scurtcircuitului asimetric cu componenta asimetrică maximă. Aceste valori sînt date de relațiile :

$$i = I_m \sin \omega t \qquad (3)$$

$$i = I_m\left(\cos \omega t - \exp\left(-\frac{t}{T}\right)\right). \qquad (4)$$

Pentru valori mici ale curentului de rupere, în comparație cu valoarea maximă a curentului (cazul siguranțelor limitatoare de curent), se poate considera variația curentului, pentru curentul continuu și alternativ simetric, proporțională cu timpul

$$i = a_1 t, \qquad (5)$$

unde :

$$a_1 = \left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0}$$

După apariția arcului electric, rezistența lui influențează curentul din circuit, reducîndu-l într-un interval de timp scurt la zero. Variația curentului, în cazul arderii unei siguranțe, are aspectul din figura 2. Variația curentului de arc, în perioada de ardere, este dată de expresia [13]:

$$i_a = i_s - a_2 t^n \qquad (6)$$

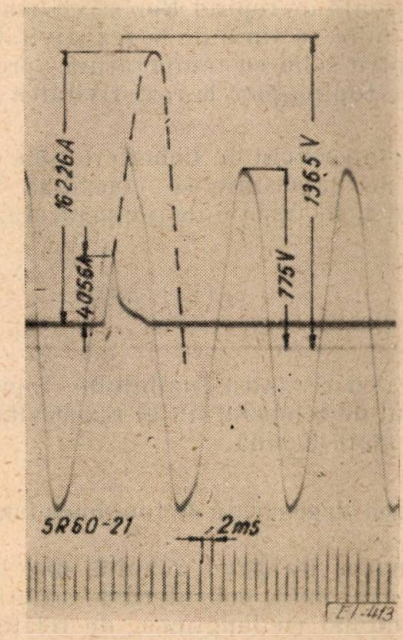


Fig. 2. Oscilograma siguranței rapide de 10 A încercată la un curent de scurtcircuit de 16 226 A.

unde : a_2 și n sînt constante ce se determină din oscilograme, pentru un anumit tip de siguranțe ; i_s — curentul în momentul apariției arcului electric.

1.3. Variația parametrilor fuzibilului cu temperatura are o mare importanță în studiul sigu-

ranțelor. Cei mai importanți parametri sînt cei rezultați din ecuația de încălzire în regim adiabatic a fuzibilului, care are următoarea formă [14]:

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{\rho}{\gamma c}\frac{i^2}{s^2}, \qquad (7)$$

unde:

θ este temperatura fuzibilului; ρ — rezistivitatea; γ — greutatea specifică; c — căldura specifică; i — curentul instantaneu; s — secțiunea fuzibilului.

Ecuația diferențială (7) se poate rezolva simplu dacă se separă variabilele, iar variația raportului $\left(\frac{\rho}{\gamma c}\right)$, pînă la punctul de topire a fuzibilului, se exprimă în funcție de temperatură [14]:

$$\left(\frac{\rho}{\gamma c}\right)_\theta = \left(\frac{\rho}{\gamma c}\right)_0 (1 + \varepsilon_1 \theta - \varepsilon_2 \theta^2). \qquad (8)$$

După atingerea temperaturii de topire, fuzibilul începe să se lichefieze. În general, părțile interioare ale secțiunii transversale vor fi mai calde decît cele exterioare și se vor topi mai întîi. Zona de topire se extinde pînă la periferie, cînd întreaga masă a fuzibilului s-a topit, curentul a dezvoltat o cantitate de căldură egală cu căldura latentă de topire. Rezistivitatea în procesul de topire va varia de la rezistivitatea solidului, pentru solid cu temperatura aproape de punctul de topire, pînă la rezistivitatea metalului topit.

De la temperatura de lichefiere pînă la temperatura de vaporizare se consideră variația rezistivității, în funcție de temperatură, liniară [7]:

$$\rho_v = \rho_2 (1 + \beta\theta), \qquad (9)$$

unde:

ρ_2 este rezistivitatea fuzibilului topit; β — coeficientul de temperatură al rezistivității metalului în stare lichidă.

2. Încălzirea dependentă de lungimea fuzibilului

2.1. Ecuația încălzirii rezultă din bilanțul termic și este dată, considerînd variația temperaturii numai cu lungimea, de relația [15], [16]:

$$c\gamma\frac{\partial\theta}{\partial t} = \lambda\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2} + \rho\mathcal{J}^2(t) - \frac{\alpha S}{F}\theta, \qquad (10)$$

unde:

λ este conductibilitatea termică, W/cm°C; θ — încălzirea, °C; α — coeficientul de cedare a căldurii mediului exterior, W/cm² °C; F — secțiunea transversală a fuzibilului, cm²; S — perimetrul secțiunii transversale; c — căldura specifică, W.S/g°C; γ —greutatea specifică, g/cm³.

Calculul încălzirii siguranței la scurtcircuit se face considerînd fenomenul adiabatic, iar ecuația diferențială a încălzirii se obține din ecuația (10) în care ultimul termen este nul:

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = a\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2} + b f(t). \qquad (11)$$

În ecuația (11) se consideră parametrii constanți, iar pătratul densității de curent variabil cu timpul în salt unitar.

2.2. Rezolvarea ecuației încălzirii la curent constant se face aplicînd transformata Laplace [17] ecuației (11), obținîndu-se:

$$\frac{d^2\theta(x,p)}{dx^2} - \frac{p}{a}\theta(x,p) = -\frac{\theta(x,0)}{a} - \frac{b}{a}\varphi(p). \qquad (12)$$

Soluția ecuației (12) este dată de relația (12 a) din anexa 1

$$\theta(x,t) = \frac{\rho}{\lambda}\left(\frac{x_1^2}{2} - \frac{x^2}{2}\right) + \frac{4\rho}{\lambda}\sum_{n=0}^{\infty} x_1^2 \frac{\cos\left[\frac{x}{x_1}(2n+1)\frac{\pi}{2}\right]}{(2n+1)^3\left(\frac{\pi}{2}\right)^3}\exp(p_k t) \qquad (13)$$

Relația (13) exprimă încălzirea fuzibilului în cazul scurtcircuitelor electrice intense, cînd, după cum am arătat, fenomenul termic din siguranță se poate considera adiabatic. Rezolvarea ecuației este laborioasă, ea exprimă cel puțin calitativ fenomenul încălzirii. De asemenea din relația (8) rezultă că parametrii considerați constanți în ecuația (10) variază după o funcție pătratică cu încălzirea, iar forma curentului considerată ca salt unitar este dată de expresiile (1) și (2). Pentru aceste situații rezolvarea ecuației se face aplicînd integrala Duhamel-Carson [6].

2.3. Încălzirea în cazul curentului de scurtcircuit simetric se rezolvă aplicînd formula Duhamel-Carson [6]. Din calcule rezultă expresia încălzirii (15 a):

$$\theta(x,t) = \frac{\rho}{4\lambda}\mathcal{J}_m^2(x_1^2 - x^2)(1 - \cos\omega t) + \frac{4\rho x_1^2\mathcal{J}_m^2}{\lambda}\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n \frac{\cos\left[\frac{x}{x_1}(2n+1)\frac{\pi}{2}\right]}{(2n+1)^3\left(\frac{\pi}{2}\right)^3} \times \left[\frac{2\omega^2}{P_k^2 + 4\omega}\exp(p_k t) - \frac{P_k\omega\sin 2\omega t + 2\omega^2\cos 2\omega t}{P_k^2 + 4\omega^2}\right]. \qquad (14)$$

2.4. Încălzirea în cazul variației liniare a curentului se face după aceeași metodă ca în cazul precedent și este dată de relația (16 a)

$$\theta(x,t) = \frac{a_1^2\rho}{2\lambda}(x_1^2 - x^2)t^2 - 2\,a_1^2\frac{4\rho}{\lambda}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{x_1^2(-1)^n\cos\frac{x}{x_1}(2n+1)\frac{\pi}{2}}{(2n+1)^3\left(\frac{\pi}{2}\right)^3}\left[\frac{t}{p_k} + \frac{1}{P_k^2} - \frac{\exp(p_k t)}{P_k^2}\right]. \quad (15)$$

Ținînd seamă de noțiunile (14 a) formulele (14) și (15) pot fi scrise astfel :

$$\theta(x,t) = \frac{\rho}{4\lambda}\mathcal{J}_m^2(x_1^2 - x^2) + P(x,n)\left[\frac{2\omega^2}{P_k^2 + 4\omega^2}\exp(p_k t) - \frac{P_k\,\omega\sin 2\,\omega t + 2\omega^2\cos 2\,\omega t}{P_k^2 + 4\omega^2}\right],$$

$$\theta(x,t) = \frac{a_1^2\rho}{2\lambda}(x_1^2 - x^2)t^2 - 2\,a_1^2 P(x,n)\cdot\left[\frac{t}{P_k} + \frac{1}{P_k^2} - \frac{\exp(P_k t)}{P_k^2}\right].$$

3. Încălzirea independentă de lungimea fuzibilului

3.1. Efectul termic al curentului în perioada fuziunii se calculează, considerînd temperatura independentă de lungimea fuzibilului, cu relația (7) care rezulta din (11), pentru $a\frac{\partial^2\theta}{x^2} = 0$. Ecuația (7), care permite separarea variabilelor se calculează ținînd seama de domeniile variației parametrilor fuzibilului cu încălzirea, încălzirea pînă la topire, topire și vaporizare.

Pe primul domeniu, pînă la temperatura de topire, ecuația bilanțului termic, combinînd expresiile (7) și (8) este :

$$\left(\frac{\gamma c}{\rho}\right)_0\int_0^{\theta_t}\frac{d\,\theta}{1 + \varepsilon_1\theta - \varepsilon_2\theta^2} = \int_0^t \mathcal{J}^2(t)\,dt. \quad (16)$$

Integrala din primul membru este [14] :

$$C_1 = \left(\frac{\gamma c}{\rho}\right)_0\frac{1}{2D}\left[\ln\frac{\sqrt{D} - \frac{\varepsilon_1}{2} + \varepsilon_2\theta_t}{\sqrt{D} + \frac{\varepsilon_1}{2} - \varepsilon_2\theta_t} - \ln\frac{\sqrt{D} - \frac{\varepsilon_1}{2}}{\sqrt{D} + \frac{\varepsilon_1}{2}}\right] \quad (17)$$

unde :

$$D = -\left[\varepsilon_2 + \frac{\varepsilon_1^2}{4}\right];$$

θ — încălzirea de topire. Mărimea C_1 este o constantă care depinde de material.

Valoarea integralei pe a doua porțiune a încălzirii (topire) este dată de relația [7] :

$$\int_t^{t_2}\mathcal{J}^2(t)\,dt = \frac{\gamma h}{\rho_m} = C_2, \quad (18)$$

unde :

γ este greutatea specifică ; h — căldura latentă de topire pe unitatea de greutate ; ρ_m — rezistivitatea medie a fuzibilului în condițiile de topire, dată de relația [7] :

$$\rho_m = \frac{2}{\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2}}$$

unde :

ρ_1, ρ_2 sînt rezistivitățile în stare solidă, respectiv lichidă. Deci și C_2 este o constantă de material.

Integrala pe domeniul trei, care reprezintă a doua încălzire, se calculează din ecuațiile (7) și (9) :

$$\int_{t_2}^{t_v} I^2(t)\,dt = \frac{\gamma c}{\rho_2\beta}\ln\frac{1 + \beta\,\theta_v}{1 + \beta\,\theta_t} = C_3, \quad (19)$$

unde :

θ_v, θ_t sînt încălzirea la vaporizare și, respectiv, topire ;

β — constanta de material.

Rezultă că integrala pătratului densității curentului, pînă la apariția arcului electric, este o constantă care depinde de natura materialului :

$$\int_0^{t_c} I^2(t)\,dt = \left(\frac{\gamma c}{\rho}\right)_0\frac{1}{2D^2}\ln\frac{\left(\sqrt{D} - \frac{\varepsilon_1}{2} + \varepsilon_2\theta_t\right)\left(\sqrt{D} + \frac{\varepsilon_1}{2}\right)}{\left(\sqrt{D} + \frac{\varepsilon_1}{2} - \varepsilon_2\theta_t\right)\left(\sqrt{D} - \frac{\varepsilon_1}{2}\right)} + \frac{\gamma h}{\rho_m} + \frac{\gamma c}{\rho_2\beta}\ln\frac{1 + \beta\theta_v}{1 + \beta\,\theta_t} = C. \quad (20)$$

Valoarea constantelor de material C_1, C_2, C_3 și C este dată în tabela 1 pentru cupru și argint, metale utilizate în construcția siguranțelor electrice cu fuzibile.

Deci efectul curentului pe durata fuziunii (pînă la apariția arcului) este constant și depinde de natura fuzibilului.

Tabela 1

Constantele de material C_1, C_2, C_3, și C pentru cupru și argint

Parametri / Material	C_1, $\left(\frac{A}{mm^2}\right)^2 S$	C_2, $\left(\frac{A}{mm^2}\right)^2 S$	C_3, $\left(\frac{A}{mm_2}\right)^2 S$	C, $\left(\frac{A}{mm^2}\right)^2 S$
Argint	67 600	10 200	10 700	88 500
Cupru	93 300	13 300	17 600	123 200

3.2. Efectul termic al curentului în perioada arcului este dat de integrala pătratului curentului de arc în raport cu timpul (6) :

$$I^2 t_a = \int_0^{t_a} i_a^2(t)\,\mathrm{d}t = i_s^2 t_a - \frac{2 a_2 i_s}{n+1} t_a^{n+1} + \frac{a_2^2}{2n+1} t_a^{2n+1}, \quad (21)$$

unde : constantele a_2 și n rezultă, ținînd seamă de figura 2, din următoarele calcule :

$$t_a = \sqrt[n]{\frac{i_s}{a_2}}\ ;\ n = \frac{I}{i_s}\ ;\ a_2 = \frac{I_s}{t_a^n}. \quad (22)$$

În cazul particular, cînd $n = 1$ (curentul de arc sub forma unei drepte), efectul termic al curentului rezultă din relația (22) și este dat de expresia :

$$I_{t_a}^2 = \frac{i_s^2 t_a}{3}. \quad (23)$$

4. Determinarea secțiunii fuzibilului și a timpului de fuziune

4.1. Secțiunea fuzibilului rezultă din relația (20), ținînd seamă de forma curentului dată de relațiile (1), (2), (3) și (4) :

$$S = \sqrt{\frac{1}{C}\int_0^t i^2(t)\,\mathrm{d}t}\ . \quad (24)$$

În cazul curentului continuu, integrala se calculează ținînd seamă de forma curentului dată de expresia (1) și este :

$$S = \sqrt{\frac{I_0^2}{C}\left[t - \frac{3}{2}T + T\left\{2\exp\left(-\frac{t}{T}\right) - \frac{1}{2}\exp\left(-\frac{2t}{T}\right)\right\}\right]}. \quad (25)$$

Pentru timpi mici de ardere, în raport cu constanta de timp T, dezvoltînd funcțiile exponențiale în serie de puteri și luînd în considerare termenii pînă la ordinul al treilea :

$$S = \sqrt{\frac{I_0^2}{3C}\left(\frac{t}{T}\right)^3}. \quad (26)$$

Secțiunea fuzibilului pentru cazul cel mai general al curentului alternativ se obține introducînd pătratul curentului rezultat din (2) în expresia (24) :

unde s-a notat :

$$b = \omega^2 + \frac{1}{T^2}.$$

Trebuie arătat că pătratul curentului de scurtcircuit, care apare la bornele generatoarelor electrice, a fost integrat în lucrarea [18]. Rezultatele obținute nu pot fi însă folosite, deoarece în relațiile respective nu se ține seamă de ψ și φ, mărimi importante în cazul nostru. De asemenea, curentul care apare în stațiile de încercare în rețea de putere infinită este dat de relația (2).

După cum s-a văzut, cazurile limită ale scurtcircuitului alternativ sînt scurtcircuitul simetric (3) și scurtcircuitul asimetric cu componentă asimetrică maximă (4).

Curentul de scurtcircuit simetric se obține la producerea scurtcircuitului, în momentul trecerii naturale a curentului prin zero ($\psi - \varphi = 0$). Introducînd valoarea lui ($\psi - \varphi$) = 0 în (27) se obține secțiunea în funcție de timp pentru scurtcircuitul simetric :

$$S = \sqrt{\frac{I_m}{C}\left[\frac{t}{2} - \frac{1}{4\omega}\sin 2\omega t\right]}. \quad (28)$$

Dezvoltînd în relația (28) funcția sinusoidală în serie și luînd în considerare numai termenii pînă la ordinul trei se obține :

$$S = \sqrt{\frac{I_m}{\omega C}\frac{(\omega t)^3}{3}}. \quad (29)$$

În cazul curentului de scurtcircuit asimetric, cu componentă asimetrică maximă, pentru a obține secțiunea în funcție de timp, se înlocuiește în formula (27) valoarea ($\psi - \varphi$) = $\frac{\pi}{2}$ și făcînd constanta de tip T să tindă către infinit, se obține :

$$S = \sqrt{\frac{I_m^2}{C}\left(\frac{3}{2}t + \frac{1}{4\omega}\sin 2\omega t - \frac{2}{\omega}\sin \omega t\right)}. \quad (30)$$

Dezvoltînd în serie funcțiile sinusoidale din relația (30) și luînd în considerare termenii pînă la ordinul cinci, se obține :

$$S = \sqrt{\frac{I_m^2}{C}\frac{(\omega t)^5}{20\omega}}. \quad (31)$$

În literatură [8], relația (24) a fost integrată ținînd seamă de forma curentului (2), dar rezultatul diferă mult de cel găsit în lucrare. Aceasta, datorită rezolvării necorespunzătoare a integralei.

$$S = \sqrt{\frac{I_m^2}{C}\left\{\frac{1}{2}t - \frac{1}{4\omega}\sin 2(\omega t + \psi - \varphi) + \frac{2\sin(\psi - \varphi)}{bT}\exp\left(-\frac{t}{T}\right)\cdot\sin(\omega t + \psi - \varphi) + 2\frac{\omega\sin(\psi - \varphi)}{b}\exp\left(-\frac{t}{T}\right)\cos(\omega t + \psi - \varphi) - \frac{T}{2}\sin^2(\psi - \varphi)\exp\left(-\frac{2t}{T}\right) + \left(\frac{T}{2} - \frac{2}{bT}\right)\sin^2(\psi - \varphi) + \left(\frac{1}{4\omega} - \frac{\omega}{b}\right)\sin 2(\psi - \varphi)\right\}}, \quad (27)$$

Pentru creşterea liniară a curentului (5), secţiunea conductorului este dată de relaţia :

$$S = \sqrt{\frac{a_2^2}{3C} t^3}. \qquad (32)$$

4.2. Timpul de fuziune a siguranţei este un parametru important şi în multe cazuri trebuie calculat pentru o siguranţă dată în funcţie de curentul de încercare. Acesta se determină din ecuaţiile care dau secţiunea fuzibilului. Se observă că nu toate ecuaţiile deduse sînt explicite în raport cu timpul. Pentru cazurile limită s-au scris ecuaţii care pot fi rezolvate analitic în raport cu timpul.

În cazul scurtcircuitului de curent continuu, timpul se determină din ecuaţia (26) :

$$t = \sqrt{\frac{3Cl^2 S^2}{I_0^2}}. \qquad (33)$$

În cazul curentului de scurtcircuit simetric, timpul de fuziune se determină din relaţia (29)

$$t = \sqrt[3]{\frac{3C S^2}{\omega^2 I_m^2}}, \qquad (34)$$

iar în cazul curentului de scurtcircuit asimetric, timpul de fuziune se determină din ecuaţia (31) :

$$t = \sqrt[5]{\frac{2DCS^2}{\omega^4 I_m^4}}. \qquad (35)$$

Timpul de ardere al arcului se determină din ecuaţia (6). Procesul de ardere al arcului încetează odată cu încetarea curentului :

$$t_a = \sqrt[n]{\frac{i_s}{a_2}}. \qquad (36)$$

Timpul de fuziune din relaţia (32), pentru variaţia liniară a curentului şi încălzirea fuzibilului independentă de lungimea fuzibilului este dat de relaţia :

$$t = \sqrt[5]{\frac{3CS^2}{a_2^2}}. \qquad (37)$$

4.3. Rezultatele experimentale obţinute la încercarea siguranţelor rapide sînt arătate în tabela 2. S-a calculat efectul termic al curentului în perioada fuziunii ($I^2 t_v$), în perioada de arc ($I^2 t_a$), constantele n şi a şi factorul de supratensiune. Din rezultatele obţinute rezultă performanţele ridicate ale siguranţelor realizate : factor de supratensiune mic ($\gamma \leqslant 1{,}8$) şi efect limitativ al curentului pronunţat.

În figura 2 este prezentată o oscilogramă din seria celor obţinute la încercarea seriei unitare de siguranţe rapide la un curent de 16200 A_{max}.

5. Concluzii

5.1. Metoda de calcul a încălzirii fuzibilelor la scurtcircuit (regim adiabatic), ţinînd seamă de variaţia încălzirii cu lungimea, prin aplicarea transformatei Laplace, considerînd pătratul densităţii de curent sub forma saltului unitar şi a integralei Duhamel-Carson, prezintă avantaje faţă de metoda aplicării directe a transformatei Laplace pentru fiecare formă a pătratului densităţii de curent fiind mai simplă. Aplicarea transformatei Laplace, considerînd forma pătratului densităţii de curent variind în salt unitar, conduce la o soluţie generală a încălzirii. Cazurile speciale ale densităţii de curent (curent continuu, alternativ) se rezolvă cu uşurinţă prin aplicarea integralei Duhamel-Carson.

5.2. Pentru obţinerea unor relaţii de calcul relativ simple, referitor la comportarea siguranţelor la scurtcircuit, este avantajos a se considera temperatura maximă independentă de lun-

Tabela 2

Caracteristicile experimentale ale siguranţelor rapide realizate în I.C.P.E.

Siguranţe	Inc. max. A	i_s, A	t_v, ms	t_a, ms	t_t, ms	$I^2 t_v$, $A^2 s$	$I^2 t_a$, $A^2 s$	$I^2 t_t$, $A^2 s$	$\gamma = \frac{U_v}{U_n}$	n	a_2, A/S_n
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		SIGURANŢE RAPIDE									
SR 6–21	9 000	562	0,386	0,386	0,772	41	46	87	—	1	$1{,}45\ 10^6$
SR 6–27	36 266	1 100	0,18	0,18	0,36	26	26	52	—	1	$6{,}1\ 10^6$
SR 10–31	16 226	1 027	0,45	0,45	0,9	158	158	316	1,6	1	$2{,}5\ 10^6$
SR 10–133	9 000	788	0,625	0,6	1,225	130	130	260	1,1	1	$1{,}31\ 10^6$
SR 15–130	9 000	900	0,8	1,2	2	215	245	460	1,19	1	$7{,}5\ 10^5$
SR 15–133	16 226	1 680	0,465	0,465	0,930	435	435	870	1,93	1	$3{,}6\ 10^6$
SR 20–124	9 000	1 460	1,24	3	4,24	880	140	1 020	1,57	1	$4{,}85\ 10^5$
SR 20–136	26 263	2 400	0,785	0,785	1,57	1 100	1 100	2 200	1,34	1	$3{,}06\ 10^6$
SR 25–59	2 770	1 410	3	4	7	2 000	1 700	3 700	1,3	1	$3{,}5\ 10^5$
SR 50–63	8 600	2 175	3	3,5	6,5	4 700	5 200	9 900	1,64	1	$6{,}2\ 10^5$
SR 60–23	8 600	2 840	3	4	7	8 000	10 800	18 800	1,61	1	$7{,}1\ 10^5$
SR 80–24	16 700	4 760	2,7	3,6	6,3	20 500	27 000	47 500	1,6	1	$1{,}32\ 10^5$
SR 100–7	16 700	5 660	3,2	2,4	5,6	34 200	25 800	60 000	1,4	1	$1{,}72\ 10^5$

gime. Relațiile de calcul obținute sînt generale, care prin particularizări duc la relațiile cunoscute din literatura de specialitate [7]. Relațiile generale permit calculul cu o precizie mai mare, în special la noul tip de siguranțe care a apărut în tehnica mondială, siguranțele ultrarapide.

5.3. Din caracteristicile și oscilogramele prezentate rezultă performanțele ridicate ale siguranțelor calculate. Astfel, capacitatea de rupere a siguranțelor este de 16 kA (fig. 2), față de 4 kA și 8 kA, cît este impus de norme pentru siguranța de 10 A și respectiv 60 A, iar siguranțele sînt puternic limitatoare. Supratensiunile de deconectare în circuitele protejate sînt mici ($\gamma \leqslant 1{,}8$).

ANEXA I

Rezolvarea ecuației diferențiale la curent constant (în salt unitar). Ecuația diferențială imagine de rezolvat (12), în care se consideră variația densității de curent în salt unitar este de forma :

$$\frac{d^2\,\theta(x,\,p)}{dx^2} - \frac{p}{a}\,\theta\,(x,\,p) = \frac{\theta\,(0x)}{a} - \frac{d}{p} \qquad (1\text{ a})$$

cu soluția generală a ecuației omogene :

$$\theta\,(x,\ p) = C_1\,(p)\,\mathrm{ch}\sqrt{\frac{p}{a}}\,x + C_2\,(p)\,\mathrm{sh}\sqrt{\frac{p}{a}}\,x\ .$$

Constantele $C_1\,(p)$ și $C_2\,(p)$ se determină din următoarele condiții la limită :

$$\frac{d\theta\,(x,\,p)}{dx} = 0 \text{ pentru } x=0\ ;\ \theta\,(p,\,x)=0\ ;\ \text{pentru } x=x_1\ . \qquad (2\text{ a})$$

Considerînd originea axei la mijlocul fuzibilului și încălzirea inițială egală cu zero ($\theta\,(0,\ x) = 0$) soluția particulară a ecuației (1 a) este $\left(\frac{ad}{p^2}\right)$. Din motive de simetrie, $C_2\,(p)=0$, iar soluția generală a ecuației (1 a) va fi :

$$\theta\,(x,\,p) = C_1\,(p)\,\mathrm{ch}\sqrt{\frac{p}{a}}\,x + \frac{ad}{p^2}\ ,$$

unde s-a notat :

$$a = \frac{\lambda}{\gamma c}\ ,\qquad b = \frac{\rho}{\gamma c}\ ,\qquad d = \frac{b}{a} = \frac{\rho}{\lambda}\ .$$

Din ultima condiție dată (2 a) rezultă constanta $C_1\,(p)$:

$$C_1\,(p) = -\frac{ad}{p^2\,\mathrm{ch}\sqrt{\frac{p}{a}}\,x}\ .$$

Soluția imagine a încălzirii este dată de relația :

$$\theta\,(x,\,p) = \frac{ad}{p^2}\left[1 - \frac{\mathrm{ch}\sqrt{\frac{p}{a}}\,x}{\mathrm{ch}\sqrt{\frac{p}{a}}\,x_1}\right] = \theta_1\,(x,\,p) + \theta_2\,(x,\,p)\ . \qquad (3\text{ a})$$

Originalul primei funcțiuni imagine Laplace din relația (3 a) este :

$$\theta_1\,(x,\ t) = adt\ . \qquad (4\text{ a})$$

Originalul celei de-a doua funcțiuni inverse din (3 a) se determină ținînd seamă de faptul că funcția are un pol dublu în origină. Pentru polul dublu din origină funcția original se determină cu formula [19] :

$$\theta_2'(x,\ t) = \lim_{p\to 0}\left[\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}p}\left(\frac{U\,(p)}{V\,(p)}\,\mathrm{e}^{pt}\right)\right] = \lim_{p\to 0}\left[t\,\frac{U\,(p)}{V\,(p)}\,\mathrm{e}^{pt} + \right.$$

$$\left. + \frac{U'\,(p)}{V\,(p)}\,\mathrm{e}^{pt} - \frac{U\,(p)\,V'\,(p)}{[V\,(p)]^2}\,\mathrm{e}^{pt}\right]. \qquad (5\text{ a})$$

unde :

$$U\,(p) = \mathrm{ch}\sqrt{\frac{p}{a}}\,x = ad\left[1 + \frac{x^2}{2a}\,p + \frac{1}{4\,!\,a^2}\,x^4\,p^2 + \cdots\right];$$

$$V(p) = \mathrm{ch}\sqrt{\frac{p}{a}}\,x_1 = d + \frac{x_1^2}{2a}\,p + \frac{1}{4\,!\,a^2}\,x_1^4,\,p^2 + \cdots$$

După efectuarea calculelor rezultă funcția original pentru polul dublu din origină.

$$\theta_2'\,(x,\ t) = -adt + \frac{x_1^2}{2}\,d - \frac{x^2}{2}\,d\ . \qquad (6\text{ a})$$

Originalul funcției imagine $\theta_2\,(x,\,p)$ pentru polii care rezultă din anularea funcției de la numitorul imaginei, care nu conține poli dubli nuli $\left(\mathrm{ch}\sqrt{\frac{p}{a}}\,x_1 = 0\right)$ se determină astfel :

$$\theta''\,(x,\,t) = \sum_{p_n}\frac{U\,(p_n)}{W'\,(p_n)}\,\exp\,(p_n\,t)\,, \qquad (7\text{ a})$$

unde :

$$U\,(p) = -\,\mathrm{adch}x\sqrt{\frac{p}{a}}\,,\ W\,(P) = p^2\,\mathrm{ch}\,x_1\sqrt{\frac{p}{a}}\,,$$

$$W'\,(p) = \frac{x_1\,p^2}{2\sqrt{ap}}\,\mathrm{sh}x_1\sqrt{\frac{p}{a}} + 2p\mathrm{ch}\sqrt{\frac{p}{a}}\,x_1\ . \qquad (8\text{ a})$$

Rădăcinile numitorului, în afară de rădăcinile ($p = 0$), sînt date de relația :

$$p_n = (-1)\,\frac{a}{x_1^2}\,(2n+1)^2\left(\frac{\pi}{2}\right)^2\ , \qquad (9\text{ a})$$

n — fiind un număr întreg oarecare, pozitiv sau negativ. Se obține cu soluția p_n dată de relația (9 a) :

$$U\,(p_n) = -\,ad\,\cos\frac{x}{x_1}\,(2\,n+1)\,\frac{\pi}{2}\,;$$

$$W'\,(p_n) = -\,\frac{a\,(2n+1)^3\left(\frac{\pi}{2}\right)^3}{2\,x_1^2}\,(-1)^n\ . \qquad (10\text{ a})$$

Rezolvînd ecuația (7 a) cu expresiile date de (9 a) și (10 a) se obține originalul funcției imagine $\theta_2''\,(x,\ t)$:

$$\theta''\,(x,\,t) = 4dx_1^2\sum_0^\infty\frac{\cos\frac{x}{x_1}\,(2n+1)\,\frac{\pi}{2}}{(2n+1)^3\left(\frac{\pi}{2}\right)^3}\,\exp\,(p_k\,t). \qquad (11\text{ a})$$

Adunînd funcțiile $\theta_2'(x, t)$, $\theta_2''(x, t)$ și $\theta_1(x, t)$ (4 a) se obține soluția generală $\theta(x, t)$:

$$\theta(x, t) = \frac{d}{2}(x_1^2 - x^2) +$$

$$+ 4d \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n x_1^2 \frac{\cos \frac{x}{x_1}(2n+1)\frac{\pi}{2}}{(2n+1)^3 \left(\frac{\pi}{8}\right)^3} \cdot \exp(p_k t). \quad (12\text{ a})$$

ANEXA II

Calculul încălzirii în cazul scurteircuitului simetric se face aplicînd formula Duhamel-Carson [6], sub următoarea formă:

$$\theta(x,t) = \mathfrak{I}_{(0)}^2 \theta_{\mathfrak{I}_0}(x, t) + \int_0^t [\mathfrak{I}^2(\tau)]^1 \theta_{\mathfrak{I}_0}(x, t-\tau)\, d\tau \cdot \quad (13\text{ a})$$

unde: $\mathfrak{I}^2(0)$ este pătratul densității de curent la $t = 0$; $\theta_{\mathfrak{I}_0}(x, t)$ — încălzirea pentru pătratul densității de curent constant (salt unitar).

La scurtcircuit simetric pătratul densității de curent pentru $t = 0$ și derivata lui se calculează din relația (3) și au valorile:

$$\mathfrak{I}_{(0)}^2 = 0 \quad [\mathfrak{I}^2(\tau)]' = \omega \mathfrak{I}_m^2 \sin 2\omega t.$$

Înlocuind mărimile de mai sus în relația (13 a) se obține:

$$\theta(x, t) = \omega \mathfrak{I}_m^2 \frac{d}{2}[x_1^2 - x^2] \int_0^t \sin 2\omega\tau\, d\tau +$$

$$+ \omega \mathfrak{I}_m^2 p(x,n) \int_0^t \sin 2\omega\tau \exp[p_k(t-\tau)]\, d\tau \cdot$$

unde:

$$p(x, n) = \frac{\rho}{\lambda} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{4 x_1^2 \cos \frac{x}{x_1}(2n+1)\frac{\pi}{2}}{(2n+1)^3 \left(\frac{\pi}{2}\right)^3}. \quad (14\text{ a})$$

După efectuarea integralelor se găsește soluția:

$$\theta(x, t) = \frac{\rho}{4\lambda} \mathfrak{I}_m^2 [x_1^2 - x^2][1 - \cos 2\omega t] +$$

$$+ \mathfrak{I}_m^2 p(x n)\left[\frac{2\omega^2}{p_k^2 + 4\omega^2} \exp(p_k t) - \frac{p_k \omega \sin 2\omega t + 2\omega^2 \cos 2\omega t}{p_k^2 + 4\omega^2}\right]. \quad (15\text{ a})$$

ANEXA III

Calculul încălzirii în cazul variației liniare a curentului (5) se face aplicînd metoda de mai sus, unde:

$$\mathfrak{I}_{(0)}^2 = 0; \quad [\mathfrak{I}^2(\tau)]' = 2 a_1^2 t,$$

iar integrala Duhamel-Carson este:

$$\theta(x,t) = 2 a_1^2 d \int_0^t \left(\frac{x_1^2}{2} - \frac{x^2}{2}\right) \tau\, d\tau +$$

$$+ 2 a_1^2 p(x,n) \int_0^t \tau \exp(p_k(t-\tau))\, d\tau.$$

După efectuarea integralei se obține:

$$\theta(x, t) = \frac{a_1^2 p}{2\lambda}[x_1^2 - x^2] t^2 - 2 a_1^2 p\ (x,n)\left[\frac{t}{p_k} + \frac{1}{p_k^2} - \frac{\exp(p_k t)}{p_k^2}\right]. \quad (16\text{ a})$$

Bibliografie

[1] *Aizenberg, B. L.* Protecția prin siguranțe fuzibile în instalații pînă la 1 000 V. București, Editura tehnică, 1960.

[2] *Barbu, I.* Construcția și tehnologia seriei unitare de patroane fuzibile rapide cu filet de joasă tensiune de 6—100 A. In: Electrotehnica **10**, nr. 7, 1962, p. 256—265.

[3] *Henzlmeyer, G.* și *Rauch, W.* Neue Diazed-Sicherungen. În: Siemens Zeitschrift **33**, nr. 6, 1959, p. 417—424.

[4] *Balleter, H.* Konstruktionsprobleme und Einsatzmöglickeiten von Apparateschutz — Schmelzeinsätzen. In: Bull. A.S.E. **33**, nr. 12, 1962, p. 585—592.

[5] *Avramescu, A.* Performanțele și aplicațiile industriale ale redresoarelor de putere cu semiconductoare. In: Electrotehnica **10**, nr. 2—3, 1962, p. 95—108.

[6] *Andronescu, Pl.* Aplicarea calculului operațional în studiul circuitelor electrice. București, Editura tehnică, 1957.

[7] *Rüdenberg, R.* Fenomene tranzitorii în circuitele electromagnetice. București, Editura tehnică, 1959.

[8] *Bron, O. B.* Elektriceskaia duga v aparatah upravlenia. Moscova, Gosenergoizdat, 1951.

[9] x x x Vorschriften für Leitungschutzsicherungen mit geschlossenen Schmeltzeinsatz 500 und 750 V bis 200 A. V.D.E. 0635. 1959.

[10] *Predoiu, C. A.* Evoluția siguranțelor fuzibile în țara noastră. In: Electrotehnica **7**, nr. 12, 1949.

[11] *Barbu, I.* Seria unitară de siguranțe fuzibile cu bușon de joasă tensiune, rapide. Lucrări prezentate la a treia sesiune tehnico-științifică a I.C.P.E., vol. **I**. București, IDT, 1962.

[12] *Avramescu, A.* și *Cănescu, T.* Rolul și avantajele fuzibilelor cu întîrziere. In: Energetica și Hidrotehnica **2**, nr. 11—12, 1954, p. 407—415.

[13] *Mauduit, A.* Installations électriques à haute et basse tension, vol. **II**. Paris, Dunod, 1959.

[14] *Avramescu, A.* Încălzirea adiabatică a conductoarelor din cupru, aluminiu, și argint. In: Studii și Cercetări de energetică, tom. **V**, nr. 3—4, 1955, p. 477—487.

[15] *Kukekov, G. A.* Proektirovanie vikluciateli peremenovo toka visokovo napriajenia. Moscova, Gosenergoizdat, 1961.

[16] *Avramescu, A.* Contribuții la calculul încălzirii tranzitorii a siguranțelor fuzibile. Comunicările Academiei R.P.R. tom. **V**, nr. 4, 1955.

[17] *Kontorovici, M. I.* Calculul operațional și fenomenele tranzitorii în circuitele electrice. București, Editura energetică de stat, 1955.

[18] *Roeper, R.* Ermittlung der thermischen Beanspruchung bei nichtstationären Kurzschlusstrom. In: ETZ **70**, nr. 4, 1949, p. 131—135.

[19] *Kaufman, A.* și *Bouriaux, R.* Les fonctions de la variable complexe. Paris, Edition Eyrolles, 1962.

Intrat în redacție la 2.X.1965.

Detectarea și remedierea nesimetriei sarcinii electrice

Anatol Carabulea* — București

CZ 621.316.11.016.31.001.2

1. Formularea problemei

Racordarea sarcinilor electrice nesimetrice (cum ar fi transformatoarele de sudură, cuptoarele electrice monofazate, tracțiunea electrică etc.) la sistemele trifazate simetrice implică apariția unor încărcări nesimetrice pe linii și a unor tensiuni nesimetrice la bornele sarcinilor. Astfel, sarcinile nesimetrice sînt cauze care provoacă o serie de neajunsuri în rețelele de alimentare ca : apariția unor pierderi suplimentare în elementele de transfer și cele consumatoare de energie electrică ; reducerea cuplurilor la motoare și a puterilor debitate la generatoare ; încălzirile excesive și solicitările mecanice ale diverselor elemente ale instalațiilor electrice. Pentru eliminarea acestor inconveniente și pentru asigurarea exploatării consumatorilor nesimetrici în condiții normale se impun detectarea și remedierea nesimetriei. De aceea ne propunem ca în continuarea preocupărilor [1] să analizăm aspectele teoretice și practice de detectare și remediere a nesimetriei sarcinilor electrice cu scopul indicării unor scheme și relații simplificate de calcul al gradelor de nesimetrie în curent și tensiune, al unor nomograme care să înlesnească determinarea directă a gradelor de nesimetrie ; a unor dispozitive care să permită detectarea practică a nesimetriei și a unor scheme reprezentative pentru remedierea nesimetriei curenților și tensiunilor din rețeaua electrică de alimentare.

Prezentarea schemelor și relațiilor practice de calcul al nesimetriei și indicarea căilor de reducere a nesimetriei — pe baza folosirii schemelor cu dispozitive statice și dinamice — se fac cu scopul, pe de o parte, de a preciza unele aspecte în structura schemelor și relațiilor de calcul, iar ,pe de altă parte, de a înlesni aplicarea lor la simetrizarea sarcinilor nesimetrice din sistemele noastre regionale și locale.

2. Detectarea nesimetriei sarcinii electrice

În principal o rețea electrică care alimentează sarcini nesimetrice poate fi considerată simetrică dacă puterea fluctuantă a sistemului este egală cu zero [1], [2].

Detectarea nesimetriei sarcinii electrice se face fie pe cale analitică prin aplicarea unor relații simplificate de calcul, dar suficient de riguroase, fie pe calea măsurării curenților și tensiunilor și folosirea nomogramelor precalculate [3], [4].

Detectarea componentelor inverse de tensiune și curent și remedierea nesimetriei se pot face folosind o serie de dispozitive [5], [6] a căror eficacitate este confirmată de practică.

Modul în care se aplică criteriile de simetrizare a sarcinilor nesimetrice este rezumat [1], [2] o dată cu prezentarea condițiilor de aplicare a relațiilor de calcul al gradelor de nesimetrie pentru cele mai frecvente situații întîlnite în practică. Metodica generală de calcul al gradelor de nesimetrie într-o rețea electrică la care sînt racordate o serie de sarcini nesimetrice se rezumă [7], indicîndu-se modul de aplicare a metodei iterației. Studiindu-se multitudinea aspectelor care intervin la calculul nesimetriilor [1], [2], [11] și ținînd seamă de eficacitatea unor scheme și relații de calcul al gradelor de nesimetrie se dau, în tabela 1, cele mai uzuale relații și scheme.

Unele relații și scheme din tabelă sînt inedite și au fost verificate de autor pe baza unor măsurări practice [8]. Majoritatea schemelor din tabela 1, cu excepția celor cu transformatoare rotitoare, se pot reproduce fără dificultăți pe mesele de calcul și pot forma modelul de măsurare a curenților și tensiunilor care definesc gradele de nesimetrie.

Paralel cu aplicarea relațiilor și schemelor din tabela 1 este indicat ca la calculul gradelor de nesimetrie să se folosească o serie de nomograme precalculate [2], [3], [4] ca cele din figurile 1 (*a* și *b*) și 2 (*a* și *b*).

Primele diagrame permit determinarea gradelor de nesimetrie în tensiune la o rețea alimentată cu tensiunile U_1, U_2, U_3, iar ultimele înlesnesc determinarea gradelor de nesimetrie în curent cînd prin fazele rețelei de alimentare a sarcinii nesimetrice trec curenții I_1, I_2, I_3.

Diagramele din figurile 1 *a* și 2 *a* sînt date pentru obținerea gradelor de nesimetrie în curent și tensiune cuprinse între 0,1 — 1, iar cele din figurile *1 b* și *2 b* sînt pentru grade de nesimetrie cuprinse între 0 — 0,1 ; unghiul θ reprezintă decalajul dintre curenții I' și I'' de secvență inversă și directă și, respectiv, dintre tensiunile de aceleași secvențe.

Dintre dispozitivele de detectare a componentelor inverse de curent sau tensiune reținatenția filtrele de tipul celor reprezentate în figurile 3 și 4 [5], [2].

Dispozitivul de detectare a nesimetriei, a cărei schemă electrică și mod de conectare la rețea se pot urmări pe figura 3 *a* și 3 *b*, permite punerea în funcțiune a releului de protecție a instalației la o valoare a componentei inverse de

* Dr. ing. *A. Carabulea* lucrează la Institutul politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej" din București

curent egală cu 5% din valoarea curentului nominal. Caracteristicile dispozitivului de detectare sînt : curent nominal 0,2 ÷ 0,4 A ; frecvența 50 ÷ 60 Hz ; consumul de energie 2 ÷ 8 VA pe fază. Un alt dispozitiv folosit la protecția motoarelor electrice, a cărui schemă se dă în figura 4, poate fi conectat, fie în circuitul secundar al transformatorului de 5 A, fie direct în circuitul de alimentare a consumatorilor racordați la joasă tensiune. Releul 3 din figura 4 este alimentat de la filtrul *1*, prin redresorul *4*, la cele două bobinaje (*3 P* bobinaj de lucru și *3 T* bobinaj de frînare). În ultimul bobinaj există condensatorul *5*. Autotransformatorul *6* reglează curentul de acționare a releului. Dispozitivul sesizează apariția curenților inverși într-un timp de 0,01 — 0,03 s în cazul existenței elementelor de seleniu *7*, care permit secționările de curent. Dispozitivul din figura 4 a fost experimentat la protecția motoarelor de 10 — 30 kW din industria minieră și a dat rezultate satisfăcătoare în exploatare. În afară de protecția de curent echipată cu filtre [2], [9] este elaborat un dispozitiv care are și posibilitatea de filtrare sau integrare. Dispozitivul integrator poate fi acționat de curenții de secvență

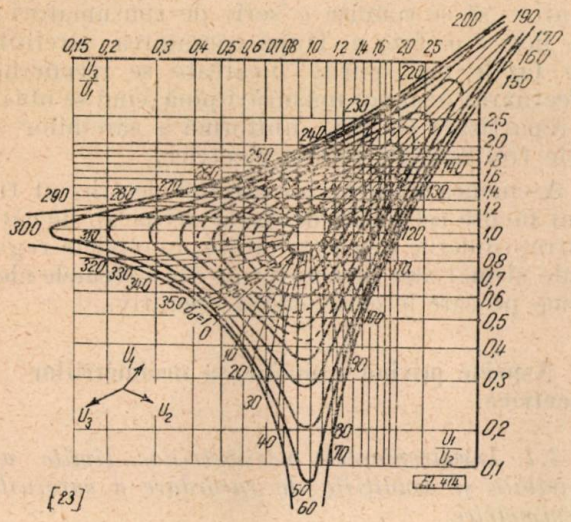


Fig. 1 *a*

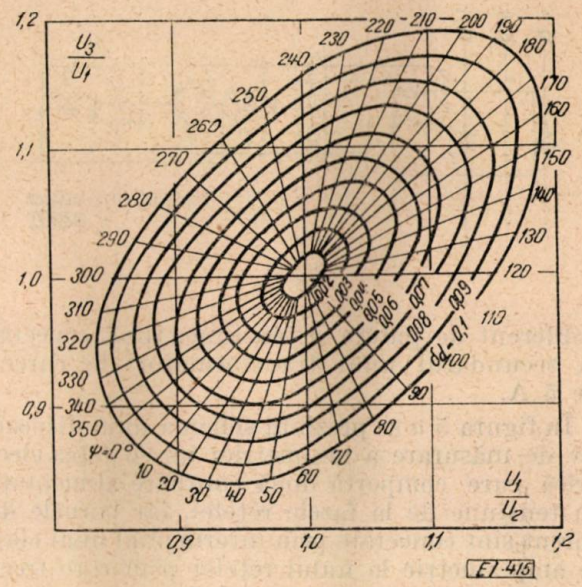


Fig. 1 *b*

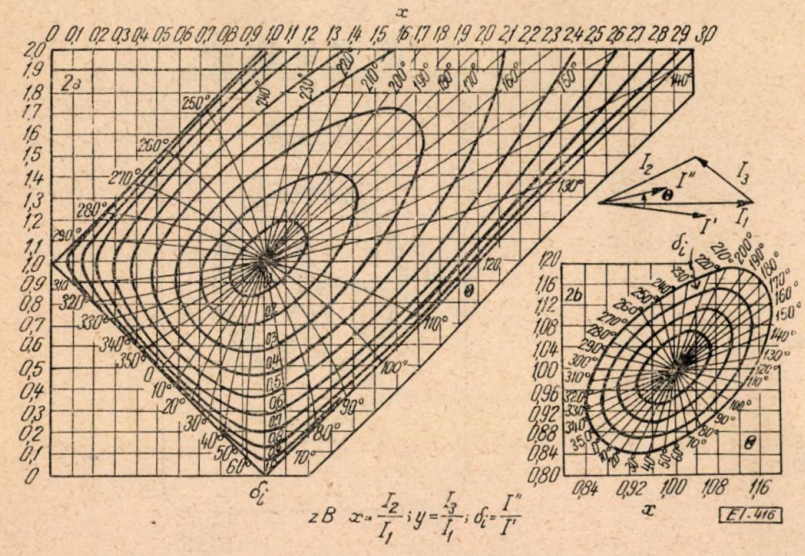


Fig. 2 *a* și *b*

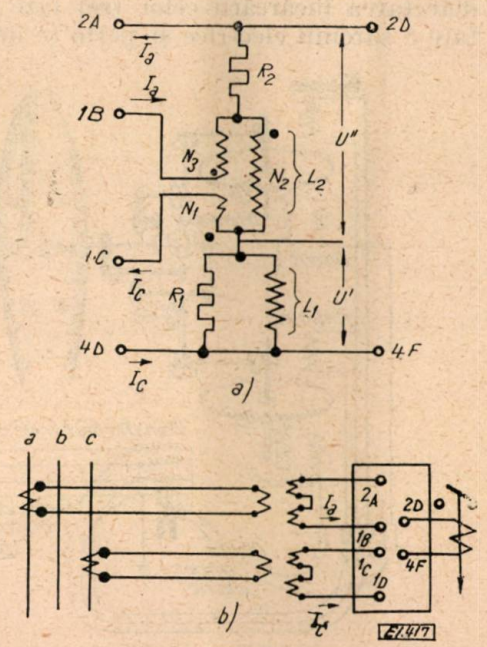


Fig. 3

inversă și directă, care apar la diferite regimuri de funcționare nesimetrică a rețelei de alimentare a sarcinilor electrice. Dispozitivul reacționează și la suprasarcinile motoarelor electrice,

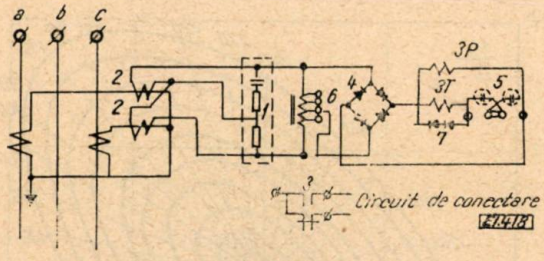


Fig. 4

indiferent de putere și tensiune, fiind conectat în secundarul unui transformator de curent de 5 A.

În figura 5 *a* se prezintă schema unui dispozitiv de măsurare a nesimetriei într-o rețea electrică care comportă două contoare alimentate cu tensiune de la fazele rețelei, iar bornele de curent sînt conectate prin intermediul unui cleste ampermetric la nulul rețelei prin care trece în regim nesimetric curentul I_0.

Cuplul de rotație al contoarelor electrice este pozitiv dacă proiecția curentului I_0 pe vectorul de tensiune are aceeași direcție ca și vectorul tensiune și este negativ dacă cele două direcții nu coincid. Pe acest principiu s-a construit [6] un aparat denumit „Asymetr" care înlesnește detectarea încărcării celor trei faze de alimentare a sarcinii electrice și permite determinarea

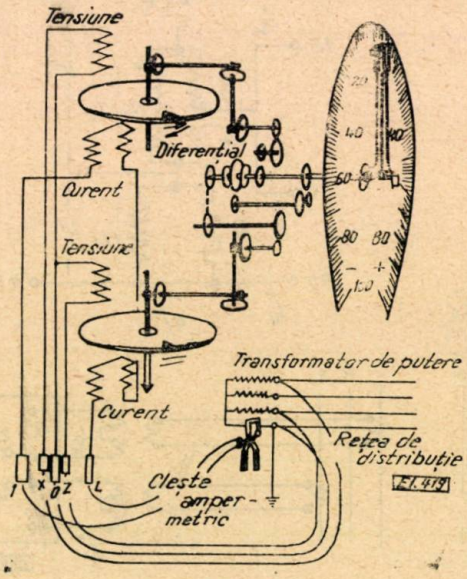


Fig. 5 *a*

nesimetriei electrice. Schema electrică cu două contoare monofazate și vederea aparatului se pot urmări în figurile 5 *a* și 5 *b*.

Cele trei ace ale aparatului se suprapun peste diviziunea zero dacă sarcina electrică a rețelei este simetrică. La încărcarea nesimetrică a rețelei de alimentare, acele indică, prin poziția lor, diferența de consum pe diferite faze, fie în diviziuni, fie direct în kWh. Din indicațiile aparatului prezentat în figura 5 *b* rezultă că faza *c* este supraîncărcată, iar faza *a*, descărcată. Este necesar în acest caz — pentru simetrizarea sarcinii — să se comute o serie de consumatori de pe faza *c* pe faza *a*. După comutarea sarcinilor pe fazele mai puțin încărcate se recomandă efectuarea unei noi măsurări pînă cînd se obține o repartizare cît mai uniformă a sarcinilor pe cele trei faze ale rețelei electrice.

Asemenea măsurări ale sarcinii electrice ar trebui făcute cel puțin de două ori pe an de către întreprinderile de electricitate, în rețelele regionale și mai ales în cele locale din sistemele electrice pe care le controlează operativ.

3. Aspecte privind remedierea nesimetriilor electrice

3.1. Inconvenientele nesimetriilor, limite admisibile și condițiile de racordare a sarcinilor nesimetrice

Nesimetria sarcinilor electrice provoacă în rețeaua de alimentare o circulație de curenți de secvență inversă dacă impedanțele nesimetrice sînt conectate între faze și o circulație de secvență homopolară cînd ele se conectează între fază și nulul rețelei. Această circulație suplimentară de curenți se suprapune peste curenții de secvență directă și provoacă o serie de inconveniente de natură termică (încălzire),

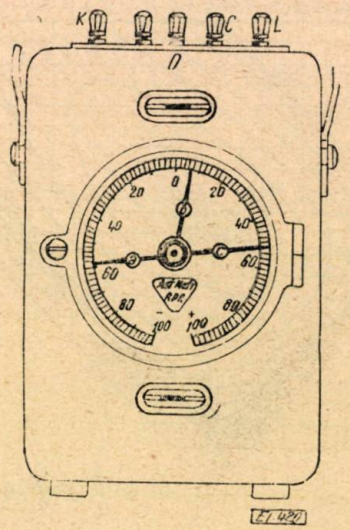
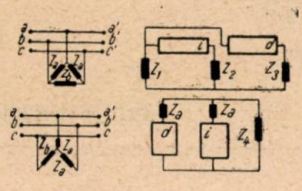
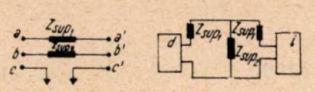
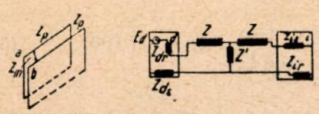
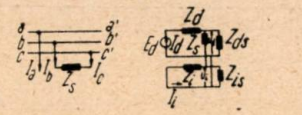
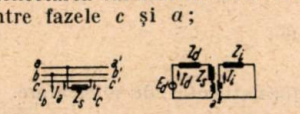
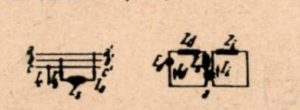


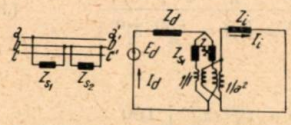
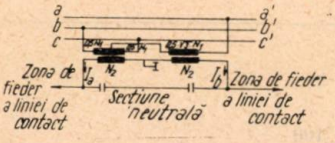
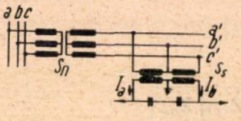
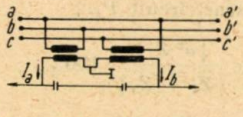
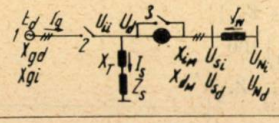
Fig. 5 *b*

mecanică (vibrații), economică (pierderi suplimentare), electrică atît generatoarelor, cît și receptoarelor din sistemul considerat. Circulația inversă de curent, parcurgînd generatoarele din rețeaua de alimentare, produce, în întrefier,

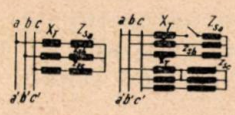
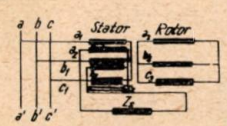
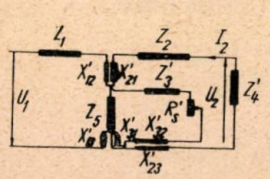
Tabela 1

Tipul schemei sau al rețelei de alimentare	Relațiile de calcul al gradelor de nesimetrie
1. Rețea trifazată cu trei conductoare aeriene, prevăzută cu o nesimetrie simplă :  $Z_1 = \frac{Z_b\,(Z_a - Z_b)}{3(Z_a - 2Z_b)}$ $Z_3 = \frac{Z_a \cdot Z_b}{2Z_a + Z_b}$ $Z_2 = \frac{Z_a \cdot Z_b}{Z_a + 2Z_b}$ $Z_4 = \frac{1}{3}\,Z_a - Z_b)$	a) gradul de asimetrie în curent : $$\delta_i\,\% = \frac{\lvert I_h \rvert}{\lvert I_d \rvert} \cdot 100 = \frac{\lvert z_d^{(0)}\,(z_i^{(2)} + Z_i) + z_d^{(2)} \cdot z_i^{(0)} \rvert\ 100}{\lvert (z_h^{(0)} + Z_h)\,(z_i^{(2)} + Z_i) - z_h^{(2)} \cdot z_i^{(0)} \rvert} \qquad (1-1)$$ b) gradul de disimetrie în curent : $$\delta_i\,\% = \frac{\lvert I_i \rvert}{\lvert I_d \rvert} \cdot 100 = \frac{\lvert z_d^{(0)}\,(z_i^{(2)} + Z_i) - z_d^{(2)} \cdot z_i^{(0)} \rvert\ 100}{\lvert (z_h^{(0)} + Z_h)\,(z_i^{(2)} + Z_i) - z_h^{(2)} \cdot z_i^{(0)} \rvert} \qquad (1-2)$$ Noua formă de scriere a indicilor (unul sus și altul jos) scoate în evidență succesiunea în timp (i ; d ; h) și operația matematică (0 ; 1 ; 2). [1], [2]
2. Rețea trifazată nesimetrică prin construcție (tip D.C.P.)  $Z_{sup_1} = \frac{1}{3}\,[Z_a - Z_c] + \frac{1}{3}\,Z_{ab}$; $Z_{sup_2} = \frac{1}{3}\,[Z_a - Z_c] - \frac{2}{3}\,Z_{ab}$  $Z = Z_p - Z_m$; $Z' = Z_p - 2\,Z_m$ Z_p și Z_m reprezintă impedanțele proprii și mutuale a două bucle puse la pământ prin intermediul unor prize de capăt notate R_p.	gradul de simetrie în curent și tensiune $$\delta_i\,\% = \frac{\lvert Z_{sup_2} \rvert\ 100}{\lvert Z_{sup_1} + Z_{sup_2} + Z_{is} + Z_{ir} \rvert} \qquad (2-1)$$ $$\delta_u\,\% = \frac{\lvert Z_{sup_2}\,Z_{is} \rvert\ 100}{\lvert (Z_{sup_1} + Z_{sup_2} + Z_{is} + Z_{ir})\,Z_{ds} \rvert} \qquad (2-2)$$ Z_{ds}, Z_{is}, reprezintă impedanțele de secvență directă și inversă a sarcinii, iar Z_{ir} impedanța de secvență inversă a rețelei $$\delta_i\,\% = \frac{\lvert Z' \rvert\ 100}{\lvert Z' + Z + 3(Z_{is} + Z_{ir}) \rvert} \qquad (2-3)$$ $$\delta_u\,\% = \frac{\lvert Z' \cdot Z_{is} \rvert\ 100}{\lvert [(Z' + Z + 3(Z_{is} + Z_{ir})]\,Z_{ds} \rvert} \qquad (2-4)$$ ([1], [8]
3. Racordarea unor sarcini nesimetrice la un sistem electric trifazat : 3.1. Conectarea sarcinii monofazate Z_s între fazele b și c ;  3.2. Conectarea sarcinii monofazate Z_s între fazele c și a ;  3.3. Conectarea sarcinii monofazate Z_s între fazele a și b ; 	gradele de disimetrie în curent și tensiune : $$\delta_i\,\% = \frac{\lvert Z_{ds} \rvert}{\lvert Z_{ds} + Z_s \rvert} \cdot 100 = \frac{\lvert P_s \rvert \cdot 100}{\lvert P_s + P_c \rvert}\ ;\ P_c = \frac{U_d^2}{Z_{ds}}\ ;\ P_s = \frac{U_d^2}{Z_s}$$ $$\delta_u\,\% = \frac{\lvert Z_{ds} \cdot Z_{ir} \rvert \cdot 100}{\lvert Z_{is} \cdot Z_i + Z_s\,(Z_i + Z_{is}) \rvert} = \frac{100\,\lvert P_s \rvert}{\lvert P_{sc} \rvert} = \frac{\lvert P_s \cdot Z_{des} \rvert \cdot 100}{\lvert U_d^2 \rvert} \qquad (3-1)$$ Z_{is}, Z_{ds} sînt impedanțele de secvență inversă și directă a consumatorilor trifazați care absorb o putere P_c ; P_s — puterea sarcinii Z_s ; Z_{des} — impedanța directă echivalentă a sistemului cu puterea de scurtcircuit P_{sc} ; $$\delta_i\,\% = \lvert - a^2 \rvert \cdot 100, \qquad \delta_u\,\% = \frac{\lvert a^2\,Z_i \rvert}{\lvert Z_i + Z_s \rvert} \cdot 100\ ; \qquad (3-2)$$ $$\delta_i\,\% = \lvert - a \rvert \cdot 100, \qquad \delta_u\,\% = \frac{\lvert a\,Z_i \rvert \cdot 100}{\lvert Z_i + Z_s \rvert}\ ; \qquad (3-3)$$ a) impedanțele de sarcină diferă între ele : $Z_{s1} \neq Z_{s2}$ $$\delta_i\,\% = \frac{\lvert a^2\,(Z_i - Z_{s_1}) - (Z_d + Z_{s_2}) \rvert\ 100}{\lvert 3Z_i + Z_{s_1} + Z_{s_2} \rvert}, \qquad \delta_u\,\% = \frac{\lvert Z_i\ (a^2\,Z_{s_1} + Z_{s_2} \rvert\ 100}{\lvert Z_i\,(Z_{s_1} + Z_{s_2}) + Z_{s_1} \cdot Z_{s_2} \rvert}\ ; \qquad (3-4)$$

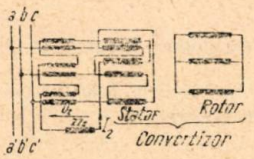
continuare Tabela 1

Tipul schemei sau al relației de alimentare	Relațiile de calcul al gradelor de nesimetrie
3.4. Conectarea a două sarcini monofazate între fazele sistemului de alimentare. 	b) impedanțele de sarcină sînt egale $Z_{s_1} = Z_{s_2} = Z$ $\delta_i\% = \frac{\lvert a(Z - Z_i) - (Z_i + Z_d)\rvert 100}{\lvert 3Z_i + 2Z\rvert}$ $\delta_u\% = \frac{\lvert Z_i(a^2 + 1)\rvert 100}{\lvert 2Z_i + Z\rvert}$. (3—5) [2], [18], [28], [30]
4. Alimentarea căilor ferate electrificate prin intermediul schemei Scott. 	gradele de disimetrie în curent : $\delta_i\% = \frac{\lvert I_b - I_a\rvert 100}{\lvert I_b + I_a\rvert}$, (4—1) $\delta_i\% = \frac{\lvert 1 - n\rvert}{\lvert 1 + n\rvert} 100$ și $\delta_i\% = \frac{\lvert n - 1\rvert}{\lvert n + 1\rvert} 100$; $n = \frac{I_n}{I_a}$ (4—2) $0 \leqslant n \leqslant 1$ $1 \leqslant n \leqslant \infty$ cînd se alimentează simultan sarcinile monofazate cu cele trifazate avînd puterile aparente S_s și S_n, se aplică relația : $\delta_i\% = \left\lvert \frac{\lvert 1 - n\rvert}{\lvert 1 + n\rvert} \right\rvert \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{S_n}{S_s}\right)^2}} \Bigg\rvert 100.$ (4—3) [2], [18]
5. Substație de tracțiune cu transformatoare trifazate.  În relația (5—3): Z'' este impedanța pe unitatea de lungime a rețelei de contact; x — distanța de la barele stației la locul sarcinii monofazate; δ_i — gradul de nesimetrie în curent pe barele stației de alimentare de putere S_s.	gradele de nesimetrie în curent și tensiune : tensiunile aplicate simetrice $\delta_i\% = \frac{\lvert S_s\rvert 100}{\lvert 2(S_s + S_n)\rvert}$; $\delta_u\% \cong \left\lvert \frac{I_b}{I_n} \cdot \frac{U_{sc}}{100\sqrt{3}} \cdot (n-1) \right\rvert 100$, (5—1) tensiunile aplicate nesimetrice $\delta_i\% = \frac{\lvert \sqrt{3} \cdot Z_{is} Z_{ds} + \alpha_u Z_{ds}(Z_{ds} + Z_s)\rvert 100}{\left\lvert Z_{is}(Z_{ds} + Z_s) + \alpha_u \frac{Z_{ds}^2}{\sqrt{3}} \right\rvert}$, δ_u = gradul de nesimetrie al tensiunilor aplicate. $\delta_i' = \delta_i \left(1 + \delta_i \frac{Z''}{Z_{ds}} x\right)$. (5—3) [2], [18]
6. Alimentarea sarcinilor monofazate prin intermediul substanței de tracțiune cu transformatoare monofazate legate în V/V. 	gradele de disimetrie în curent și tensiune: $\delta_i\% = \frac{\lvert \sqrt{n^2 - n + 1}\rvert \cdot 100}{\lvert (n + 1)\rvert}$ (6—1) $\delta_u\% = \left\lvert \frac{I_b}{I_a} \cdot \frac{(n-1)}{173} \cdot U_{sc} \right\rvert \cdot 100,$ (6—2) U_{sc} = tensiunea de scurtcircuit a transformatorului de alimentare. [2], [18]
7. Schema de principiu a racordării mașinii rotative la rețeaua electrică de alimentare a sarcinii Z_s conectată între fază și nul. 	gradele de disimetrie în curent și tensiune: $\delta_i\% = \frac{\left\lvert - Z_{sd}\left(\frac{1}{X_{gi}} + \frac{1}{X_{2v}}\right)\right\rvert 100}{\left\lvert 1 + \left(\frac{1}{X_{gi}} + \frac{1}{X_{2v}}\right)(X_T + Z_{sh})\right\rvert}$, (7—1)

continuare Tabela 1

Tipul schemei sau al rețelei de alimentare	Relațiile de calcul al gradelor de nesimetrie
X_T este reactanța transformatorului de cuplaj a sarcinii nesimetrice; X_{2v} — suma reactanței motorului și a reactanței X_v. 	$\delta_u\% = \dfrac{\lvert Z_{sd}\rvert \cdot 100}{\left\lvert (X_T+Z_{sh}) + \left(\dfrac{1}{X_{gi}} + \dfrac{1}{X_{2v}}\right)[(X_T + Z_{sh})^2 - Z_{si}\cdot Z_{sd}]\right\rvert}$; (7—2) Z_{sh}, Z_{si}, Z_{sd} sînt impedanțele de secvență omopolară inversă și directă a sarcinii. Dacă $Z_{sa} = Z_{sb} = Z_s$, iar $Z_{sc} = \infty$ atunci se aplică relațiile (7—3), iar cînd $Z_{sa} = Z_s$ și $Z_{sc} = Z_{sb} = 0$ se aplică relațiile (7—4): $\delta_i\% = \lvert -a^2\rvert \cdot 100$; $\delta_u\% = \dfrac{\lvert a^2\rvert \cdot 100}{\left\lvert\left[1 + 2\left(\dfrac{1}{X_{gi}} + \dfrac{1}{X_{2v}}\right)(X_T - Z_s)\right]\right\rvert}$ (7—3) $\delta_i\% = \dfrac{\left\lvert -0{,}5\, Z_{sd}\left(\dfrac{1}{X_{gi}} + \dfrac{1}{X_{2v}}\right)\right\rvert \cdot 100}{\left\lvert 1 + \left(\dfrac{1}{X_{gi}} + \dfrac{1}{X_{2v}}\right)(X_T + 0{,}5\, Z_s)\right\rvert}$ (7—4) $\delta_u\% = \dfrac{\lvert 0{,}5\, Z_s\rvert \cdot 100}{\left\lvert (X_T + 0{,}5\, Z_s) + \left(\dfrac{1}{X_{gi}} + \dfrac{1}{X_{2v}}\right)[(X_T + 0{,}5\, Z_s)^2 - Z_s^2/4]\right\rvert}$ [25], [26]
8. Schema de principiu a plasării înfășurării din circuitul monofazat în interiorul mașinii rotative de simetrizare.  Z_{3i} este impedanța inversă a rotorului; M' = inductanța mutuală între înfășurarea primară și cea a sarcinii monofazate așezată în aceeași crestătură; Z_1 — impedanța directă a statorului; Z'_{3i} — impedanța inversă a rotorului raportată la stator: M'_{23} — inductanța mutuală dintre înfășurarea sarcinii monofazată și înfășurarea rotorică.	tensiunile de alimentare a mașinii considerate simetrice: a) plasarea celor două înfășurări în aceleași crestături $\delta_i = \dfrac{\lvert Z'_{3i} + j\omega M'\rvert \cdot 100}{Z_1 + Z'_{3i}}$; (8—1) b) plasarea înfășurărilor statorice în crestături diferite $\delta_i\% = \dfrac{\lvert Z'_{3i}\rvert \cdot 100}{\lvert Z_1 + j\omega M'_{23} + Z'_{3i}\rvert}$. (8—2) [22]
9. Schema echivalentă în T a mașinii destinată simetrizării.  *1* este statorul mașinii; *2* — înfășurarea monofazată; *3* — rotorul mașinii; *4* — sarcina monofazată; *5* — înfășurarea de magnetizare.	9. tensiuni aplicate nesimetrice: $\delta_i\% = \dfrac{\lvert Z_{sd}\,[(B''C'' + D)\,U_{1i} - a^2\,B''\,C'\,U_{1d}]\rvert \cdot 100}{\lvert Z_{ei}\,[(B'C' + D)\,U_{1d} - a\,B'C''\,U_{1i}]\rvert}$, (9—1) $\delta_u\% = \dfrac{\lvert U_{1i}\rvert}{\lvert U_{1d}\rvert}100 = \dfrac{\lvert a^2\,B''\,C'\rvert \cdot 100}{\lvert B''C' + D\rvert}$; (9—2) mărimile care intervin în expresiile (9—1) și (9—2) se pot urmări în literatură. [23]

continuare Tabela 1

Tipul rețelei sau al schemei de alimentare	Relații de calcul al gradelor de nesimetrie
10. Schema racordării mașinii de simetrizare prin cuplaj transformatoric. 	10. gradele de disimetrie în curent și tensiune: $\delta_i\% = \frac{\lvert Z_{ed}\rvert \cdot 100}{\lvert 3Z_1 + Z_{ed}\rvert}$, (10—1) $\delta_u\% = \frac{\left\lvert Z_{ei}\left[a^2 C' Z'_e - j K_c X_T \cdot \Sigma_1 \cdot \frac{1}{K_a}\right][A]\right\rvert}{\lvert B\rvert}$ (10—2) mărimile din (10—1) și (10—2) se dau în literatură. [24]

Cifrele între paranteze drepte reprezintă sursele bibliografice.

cîmpuri magnetice de pulsații corespunzătoare, ceea ce duce la încălzirea rotoarelor ca urmare a pierderilor suplimentare provocate de curenții turbionari. Asemenea pierderi se pot calcula cu o relație de forma :

$$P_s = 3\,\pi^2 \cdot \frac{\delta}{\tau^2} \cdot X_s \cdot I_i^2 \qquad (11)$$

în care :

δ este lățimea întrefierului, m ;
τ — pasul polar, m ;
X_s — reactanța sincronă ;
I_i — curentul de secvență inversă.

Cînd sarcina nesimetrică este formată din redresoare [12], calculele arată că generatorul poate funcționa în condiții relativ favorabile, dacă are o putere de patru ori mai mare decît sarcina nesimetrică. Practic, generatoarele se încarcă la puterea lor nominală, și, în acest caz, compensarea nesimetriei ușurează mult realizare acestei cerințe.

Cînd generatoarele sînt încărcate cu circa 94% din puterea maximă — atunci funcționarea se consideră acceptabilă din punctul de vedere al solicitărilor, dacă sarcina nesimetrică formată din grupuri redresoare nu depășește 11% din puterea sistemului.

Efectele nesimetriei asupra consumatorilor apar mai evidente în cazul becurilor (la care scade durata de funcționare cînd tensiunea aplicată crește) și în cazul motoarelor electrice (la care scad cuplul și, respectiv, puterea la alimentarea sarcinii cu tensiuni nesimetrice). Relațiile de calcul ale cuplului și ale puterii unui motor electric conectat la o rețea electrică cu un grad de nesimetrie a tensiunii δ_u au forma :

$$M = K_d \cdot U_n^2 \cdot (1 - \delta_u^2) \qquad (12)$$

$$P = P_n \cdot \frac{\sqrt{1 - \delta_u^2 \cdot K_d^2}}{\sqrt{1 + \delta_u^2 K_p^2}}, \qquad (13)$$

în care :

K_d este coeficientul de proporționalitate între cuplul și tensiunea de secvență directă ;
K_p — multiplul curentului de pornire ;
P_n — puterea nominală a motorului.

Pentru un grad de nesimetrie de 3% și $K_p = 5$, cuplul motorului scade cu 1%, iar puterea , cu 3% în raport cu valorile lor nominale [2].

Practic, consumatorii pot fi alimentați cu un sistem de tensiuni și curenți la care gradul de nesimetrie nu depășește în primul caz 5%, iar în ultimul caz, 10% [13], [2]. În privința condițiilor de racordare a sarcinilor nesimetrice la sistemele energetice există [14] următoarele restricții practice.

a) Alimentarea unei singure sarcini monofazate :

$$\frac{K_s}{K_i} = \frac{1}{\sqrt{3}} \qquad (14)$$

$$\frac{\delta_i}{K_s} = 1, \qquad (15)$$

unde :

$$K_s = \frac{\text{Puterea stației de tracțiune}}{\text{Puterea consumatorilor trifazați}} = \frac{S_s}{S_n};$$

$$K_i = \sqrt{3} \cdot \frac{I_i}{I_n};\ \delta_i = \frac{I_i}{I_n};\ I_i = \frac{I_s}{\sqrt{3}} \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}};$$

I_n curentul care traversează stația trifazată de putere aparentă S_n.

b) Alimentarea a două sarcini monofazate :

$$\delta_i = \frac{S_s}{2\,(S_s + S_n)}; \qquad (16)$$

$$\delta_i = \frac{K'_s}{2} \qquad (17)$$

$$K'_s = \frac{S_s}{S_s + S_n}.$$

În aceste condiții se pot racorda sarcinile nesimetrice la rețele trifazate fără ca inconvenientele să fie dăunătoare și fără a se depăși limitele normate ale gradului de nesimetrie în curent și tensiune.

3.2. Scheme pentru remedierea nesimetriilor

Simetrizarea sarcinilor nesimetrice se realizează aplicînd fie dispozitive statice (inductanțe și capacități), fie dispozitive dinamice (mașini sincrone și asincrone combinate în mod adecvat care formează scheme pentru remedierea nesimetriilor).

Dispozitivele statice și dinamice contribuie la compensarea nesimetriilor prin crearea unei circulații de putere activă și reactivă la consumator astfel încît puterea fluctuantă a sistemului să fie egală cu zero [1], [2], [15].

Mașinile sincrone și asincrone au, în general, rolul unui șunt pentru componența de secvență inversă care ia naștere în cazul sarcinilor nesimetrice.

3.2.1. Considerații asupra schemelor cu dispozitive statice. Relațiile de calcul ale puterii fluctuante, atît pentru cazul general, cît și pentru cazul alimentării unei sarcini monofazate de către o rețea electrică trifazată sînt indicate în [1], [2], [15] simultan cu relațiile de calcul al puterii active și reactive care condiționează simetrizarea sarcinii. Pentru cazurile tratate [1] s-au formulat condițiile de simetrizare și s-a indicat valoarea elementelor din schema de racord a sarcinilor nesimetrice pentru ca gradul de nesimetrie să fie sub limita admisibilă.

Este util de menționat că la racordarea unei sarcini nesimetrice la o rețea electrică trifazată se poate obține compensarea nesimetriei dacă se dispune de o putere reactivă suplimentară de 20—50% din puterea reactivă a sistemului considerat [2], [16].

Simetrizarea sarcinilor nesimetrice poate fi realizată cu ajutorul schemelor prevăzute cu și fără dispozitive automate.

Prevederea dispozitivelor automate în schemele de simetrizare depinde de caracterul de variație a sarcinii. Schemele pentru simetrizarea automatizată au început să fie aplicate din ce în ce mai mult în cazul unor sarcini nesimetrice variabile, trecîndu-se de la faza experimentală la cea de funcționare, practică.

În prezent se preconizează [18] folosirea schemelor cu dispozitive de simetrizare automată, atît pentru consumatorii industriali la joasă tensiune, cît și pentru căile ferate electrificate, care funcționează la înaltă sau medie tensiune [1], [2], [17], [19].

Cele mai reprezentative tipuri de scheme cu elemente statice indicate a se folosi pentru simetrizarea sarcinilor nesimetrice de mică sau mare putere racordate la sisteme electrice pot fi urmărite în tabela 2.

Relațiile de calcul ale elementelor care intervin în schemele din tabela 2 (figurile 1—3) sînt date de autor în alte lucrări [1], [2] și pot fi folosite pentru diverse cazuri de nesimetrie întîlnite în practică. Totodată, pentru figura 3 se indică [2] schema de dataliu și se explică modul de funcționare.

În principiu, simetrizarea automată cu ajutorul schemei din figura 3 se face astfel: variind mărimea sarcinii se schimbă și curenții din linia de alimentare; aceasta atrage după sine schimbarea unghiului de decalaj φ al curentului monofazat față de curenții trifazați. Ca răspuns la această variație intră în funcțiune stabilizatorul de tensiune care permite ca prin intermediul instalației să fixeze unghiul la 30° și, respectiv, să regleze bobinele de inductanță și capacitatea în concordanță cu noua valoare a sarcinii nesimetrice. Se arată [19] că pentru valori uzuale ale factorului de putere al sarcinii și pentru puteri relativ mici cuprinse între 200 și 700 W gradul de desimetrie a curenților variază între 0 și 4,5%. El se anulează pentru puterea $P = 500$ W cînd factorul de putere al sarcinii devine egal cu factorul de putere din sistemul de alimentare.

Schema din figura 4 permite alimentarea sarcinii trifazate simetrice de la o rețea nesimetrică, înlesnind simetrizarea tensiunii aplicate. Asemenea situații apar în cazul cînd linia electrică de alimentare funcționează după schema două conductoare-pămînt sau cînd linia trifazată are impedanțe diferite pe cele trei faze provocînd nesimetria de tensiuni la bornele sarcinii. Simetrizarea tensiunilor la bornele sarcinii se face prin intermediul transformatoarelor auxiliare care sînt magnetizate în funcție de componenta inversă de curent obținută prin filtrul *5* și redresorul *6*. Poziția comutatorului *7* depinde de necesitatea ridicării sau coborîrii tensiunilor aplicate la bornele sarcinii.

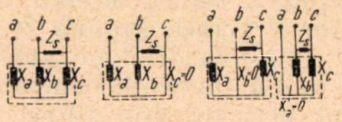
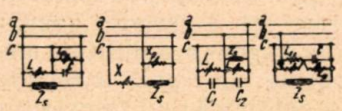
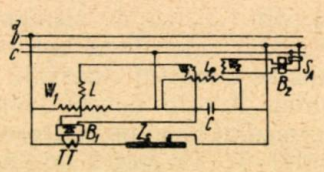
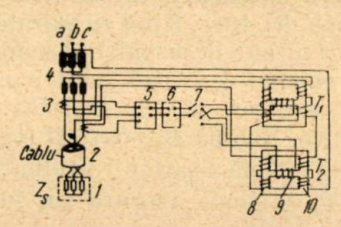
Neajunsul schemelor pentru simetrizarea automată a tensiunii prin modificarea elementelor rețelei de alimentare sau a sarcinii constă în faptul că nu se poate asigura o stabilitate a mărimilor electrice aplicate, de regulă a tesiunilor, și este necesar să se intervină mai frecvent, ceea ce provoacă unele inconveniente în exploatare. Înlăturarea acestor inconveniente se face folosind adesea scheme de simetrizare automată ca cele reprezentate în figura 5. Simetrizarea sarcinii se realizează în acest caz prin modificarea curenților absorbiți din rețeaua de alimentare. Rolul coordonator revine celor două bobine B_1 și B_2 cuplate, prima în circuitul sarcinii, iar a doua la rețea. Bobina B_1 este magnetizată de curentul prin intermediul blocului redresor B_3 și a transformatorului T_3. Creșterea curentului I_c atrage, după magnetizarea bobinei B_1, o creștere corespunzătoare a curentului I_a și invers. La creșterea curentului de sarcină este magnetizată bobina B_2, care, fiind în paralel cu C, creează în circuit un curent permițînd scăderea sau creșterea curentului I_c astfel încît sarcina apare distribuită uniform pe cele trei faze ale rețelei de alimentare. Bobina B_2 poate fi reglată automat pe întreaga gamă a sarcinii preluată de transformatorul T_2 și poate asigura un factor de putere $\cos \varphi = 0{,}86$.

Schema din figura 6 permite simetrizarea automată a curenților din circuitul de alimentare. Astfel, prin intermediul a două semnale trimise servomotoarelor S_{m1}, S_{m2} se dirijează polarizarea releelor P_1 și P_2. Înfășurările releelor închizîndu-se printr-un redresor, permit formarea la ieșire a unui semnal de tensiune proporțională cu valoarea componentei inverse de curent indicată de filtru și-l compară cu tensiunea dată de rețea. Cînd nesimetria este pronunțată, atunci se scot sau se introduc automat în circuit elementele B_L și B_c care asigură simetria curenților în rețeaua de alimentare. Schema se poate folosi în cazul unei circulații intense de puteri în rețea electrică și este indicată în special în cazul simetrizării liniilor de energie care alimentează căi ferate electrificate.

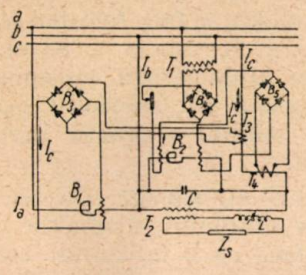
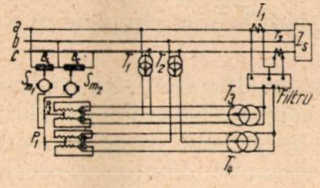
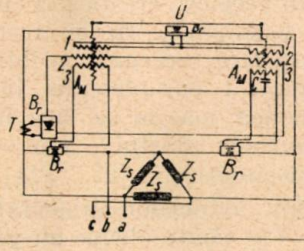
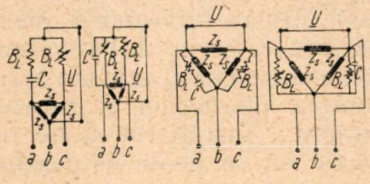
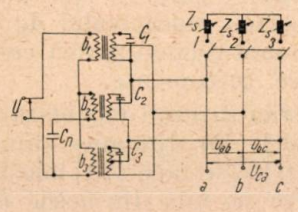
Schema din figura 7 se recomandă în cazul transformării sistemului monofazat în trifazat și invers. Cele două amplificatoare magnetice servesc pentru reglarea inductanței și, respectiv, a capacității din schemă. Bobina *1* servește pentru alegerea punctului de funcționare pe caracteristica amplificatorului. Bobina *2* este destinată magnetizării în funcție de curentul sarcinii, iar bobina *3* servește pentru corecții mai ales în cazul sarcinii la care cos φ este subunitar. Bobina *2* este conectată prin intermediul blocului B_2 în circuitul sarcinii și poate influența direct comanda prin amplificator. Amplificatoarele magnetice se aleg astfel încît bobinele

Tabela 2

Scheme reprezentative pentru simetrizarea sarcinii nesimetrice

Tipul schemei	Semnificația elementelor din schemă
1. Schema de simetrizare „manuală" a sarcinii monofazate cu ajutorul reactanțelor inductive sau capacitive. 	Z_s este impedanța sarcinii monofazate racordată între faze; X_a, X_b, X_c — impedanțe care urmează a se monta în schemă pentru realizarea simetrizării. [1], [2], [17]
2. Scheme cu dispozitive automate pentru simetrizarea sarcinilor nesimetrice. 	L este inductanța pentru reglarea curenților; X — reactanța reactivă sau capacitivă; L_p — inductanța pentru reglarea valorii capacității C; C — capacitatea { C_2 — pentru simetrizarea curenților din linia de alimentare; C_1 — pentru fixarea defazajului sarcinii; } X_p — inductanța reactivă sau capacitivă de reglaj; L_1 și L_2 — impedanțele pentru reglarea curenților și pentru fixarea defazajului sarcinii Z_s. [1], [19]
3. Schema pentru simetrizarea sarcinilor de mică putere recomandată pentru măsurări de precizie. 	C este bateria de condensatoare; L — bobina de reactanță; L_p — bobina pentru reglarea capacității C; W_1 — bobine direcționale; W_2 — bobina pentru decalajul fazelor; $T \cdot T$ — transformatorul de curent; B_1, B_2 — blocurile redresoare; Z_s — impedanța sarcinii nesimetrice; S_A — stabilizatorul de tensiune. [2], [19]
4. Schema pentru simetrizarea automată a tensiunilor la bornele sarcinii. 	*1*, Z_s este sarcina nesimetrică; *2* — cablul de alimentare; *3* — transformatoarele de tensiune; *4* — transformatorul de putere; *5* — filtrul; *6* — redresorul; *7* — întreruptorul; *8* — bobinele secundare ale transformatorului intermediar; *9* — bobinele de magnetizare a transformatorului intermediar; *11* — bobinele primare ale transformatorului intermediar; T_1, T_2 — transformatoare adiționale; [29]

continuare Tabela 2

Tipul schemei	Semnificația elementelor din schemă
5. Schema pentru menținerea automată a încărcării simetrice pe cele trei faze. 	B_1, B_2 sînt bobinele de reactanță prin intermediul cărora se pot face corecții de încărcare pe faze; B_3, B_4, B_5 — blocurile redresoare; T_1 — transformatorul de tensiune; T_2 — transformatorul de putere pentru alimentarea sarcinii nesimetrice Z_s; T_3 și T_4 — transformatoarele de curent; C — condensatorul pentru producerea sau absorbția puterii reactive din circuitul de alimentare; L — bobină reglabilă pentru consumul puterii reactive în exces. [29]
6. Schema de compensare a nesimetriei de tipul celor intervenite la alimentarea căilor ferate electrificate. 	S_{m1} și S_{m2} sînt servomotoarele pentru acționarea cursoarelor de punere sau scoatere din schemă a inductanței și respectiv a capacității; B_L și B_C — bobinele de inductanță și de capacitate pentru reglajul curenților din circuitul de alimentare; P_1 și P_2 — releele care comandă servomotoarele; T_1, T_4 — transformatoarele. [18]
7. Schemă pentru transformarea automată a sistemului monofazat în trifazat și invers. 	B_r sînt blocuri redresoare; AM — amplificatoare magnetice; C — condensatorul de reglaj; Z_s — impedanța de sarcină; U — tensiunea monofazată aplicată; T — transformatorul de curent; 1, 2, 3 — bobinele amplificatoarelor magnetice; a; b; c — bobinele sistemului trifazat. [29]
8. Scheme pentru obținerea sistemului trifazat din monofazat și invers. 	B_L sînt bobinele de reactanță cu posibilitățile de magnetizare în funcție de caracterul sarcinii; C — capacitățile de reglaj a încărcării; U — tensiunea monofazată aplicată; a, b, c — bornele sistemului trifazat obținut; [29]
9. Schema pentru transformarea sistemului monofazat în trifazat și invers. 	U este tensiunea monofazată aplicată; C_1, C_3 — capacitățile auxiliare de reglare; C_n — capacitate de formare a bornei bobinei 2; b_1, b_3 — bobinele de fază; Z_{s1} ; Z_{s3} — impedanțele de sarcină; a, b, c — bornele rețelei trifazate; U_{ab}, U_{bc}, U_{ca} — tensiunile trifazate obținute din aplicarea tensiunii monofazate U. [2], [20]

lor să poată contribui la acțiunea de simetrizare [29]. Bobinele *1* și *3* trebuie să dea un flux care în concordanță cu fluxul bobinei *2* să permită o comandă în exterior în conformitate cu schimbările din circuitul sarcinii și să înlesnească transformarea sistemului monofazat în trifazat. Schemele din figura 8 realizează transformarea curentului și a tensiunii monofazate, într-un sistem de curenți și tensiuni trifazate folosind două circuite, unul inductiv și altul capacitiv. Bobinele utilizate sînt rezervate magnetizării și au aproximativ același rol ca și amplificatoarele magnetice din schema precedentă.

Un dispozitiv reprezentativ pentru obținerea sistemului trifazat din cel monofazat și invers îl formează transformatorul special din figura 9. Experimental s-au realizat [20] și aplicat asemenea transformatoare de 20 kW și 30 kW la 6 ; 10 kV și de 50 kW la 10 kV.

Pentru alimentarea motoarelor electrice trifazate în unele instalații alimentate cu curent alternativ de la un circuit electric monofazat s-a realizat un convertizor static pe care s-a experimentat o metodă nouă de reglare ce folosește organele de execuție a unor elemente magnetice comandate prin varierea magnetizării.

Un asemenea convertizor are largi perspective deoarece înlesnește obținerea unor indici tehnico-economici adecvați practicii de exploatare. Convertizorul este prevăzut cu un regulator automat care permite simetrizarea tensiunilor trifazate, independent de cauzele care provoacă nesimetria. Experimentarea a două scheme noi pe o gamă de puteri de 1—100 kVA și frecvențe de 50—8 000 Hz a demonstrat eficacitatea elementelor și a regulatorului din circuitul modelat.

3.2.2. Considerații asupra schemelor cu dispozitive dinamice

Concomitent cu schemele prevăzute cu dispozitive statice pentru simetrizarea sarcinii se folosesc și scheme cu dispozitive dinamice ca cele prezentate în figurile 7—10 din tabela 1 [2], [22], [23], [24], [25], [30]. Dispozitivele dinamice sînt formate din motoare sincrone și asincrone. Ele lucrînd ca un șunt pentru componența inversă de curent permit reducerea nesimetriei sarcinii și creează posibilitatea exploatării în condiții normale a consumatorilor nesimetrici.

Din cele două tipuri de mașini electrice propice pentru simetrizarea sarcinilor nesimetrice — motoarele sincrone au avantajul față de motoarele asincrone că nu înrăutățesc factorul de putere, ci, din contră, în unele condiții contribuie la îmbunătățirea lui [26], [30]. Mașinile electrice folosite pentru simetrizarea sarcinii trebuie prevăzute cu bobine amortizoare puternice și cu o dispersie a statorului foarte mică [25], [26]. Constructiv, se plasează pe înfășurările primare condensatoare care filtrează componentele de secvență inversă.

Se mai folosesc [2], [3], [26] și scheme combinate în care apar atît motoare sincrone, cît și cele asincrone. Ultimele, au, de regulă, sensul de rotație schimbat față de cel normal.

Folosirea mașinii asincrone drept convertizor din trifazat în monofazat se face folosind schema principială din figura 8, tabela 1. Se observă că înfășurarea care alimentează consumatorul monofazat este plasată în interiorul mașinii, suprapunînd peste cîmpul magnetic învîrtitor un cîmp pulsatoriu.

Cele două cîmpuri au sensuri inverse unul celuilalt. Anularea cîmpului magnetic invers celui principal se face cu o înfășurare rotorică în scurtcircuit. În acest caz mașina absoarbe de la rețea curentul de magnetizare corespunzător cîmpului de succesiune inversă și curentul nominal ce determină cîmpul învîrtitor direct. Cu aceste două valori ale curenților absorbiți se determină gradul de nesimetrie al rețelei de alimentare.

Spre deosebire de mașina electrică studiată de Kando, un grup de cercetători români au studiat utilizarea mașinilor asincrone drept convertizor din trifazat în monofazat. Analiza teoretică și experimentală a posibilităților de folosire a mașinii asincrone ca mijloc de repartizare a sarcinii nesimetrice pe cele trei faze a rețelei de alimentare se face considerînd înfășurarea monofazată plasată fie în aceeași crestătură cu înfășurarea principală a mașinii, fie în crestături diferite. Ultima așezare creează posibilitatea reducerii la minimum a componentei inverse. Studiul unei asemenea mașini se face în ipoteza aplicării la bornele mașinii a unor tensiuni simetrice și nesimetrice [22], [23].

În cazul mașinii asincrone-alimentată cu tensiuni simetrice — se poate obține un grad de nesimetrie cît mai mic dacă se respectă indicațiile teoretice și practice [22] prin alegerea corespunzătoare a parametrilor mașinilor utilizate. Astfel este indicat ca impedanța rotorică și inductanța mutuală dintre înfășurarea principală și cea monofazată să fie mică. Păstrarea la valori cît mai mici a impedanței primare atrage după sine micșorarea pierderilor și ridicarea valorii randamentului . Intrefierul să fie mic, iar crestăturile să fie cît se poate de deschise. Deși s-a realizat [22] mașina asincronă cu trei tipuri de rotoare, experimentarea ei n-a dus la obținerea unor grade de nesimetrie — acceptabile practicii de exploatare, ceea ce cere un efort suplimentar din partea colectivului de autori [22] de a pune la punct tocmai partea esențială a studiilor teoretice întreprinse.

Realizarea simetriei sarcinii monofazate prin intermediul dispozitivelor dinamice alimentate cu tensiuni nesimetrice se face [23] folosind un cuplaj transformator pe una din fazele de alimentare. Experimentările arată că, folosind

maşina pentru sudura manuală cînd intervine o circulaţie mică de putere, se obţin în regiuni de scurtcircuit grade de nesimetrie în curent de 3—4 % dacă rapoartele de transformare au valorile 0,34—3,18. Pentru domeniul curenţilor relativ sporiţi maşina funcţionează cu un factor de putere 0,6 şi cu un randament ce depăşeşte 0,75.

Dacă se preia o putere mare din reţeaua de alimentare, gradul de nesimetrie creşte mult peste valorile admise chiar în regim normal de funcţionare a maşinii. În cazul sarcinilor monofazate de mare putere se recomandă [24] simetrizarea completă independentă de sarcină prin folosirea schemei din figura 10, tabela 1 în care maşina este racordată la reţea prin cuplaj transformatoric trifazat. Dacă schemele din figurile 8 şi 9 din tabela 1 înlesnesc simetrizarea cît mai deplină pentru o anumită sarcină monofazată, cu valori ale randamentului instalaţiei şi un factor de putere relativ scăzut, atunci schema 10 permite simetrizarea curenţilor din reţeaua de alimentare chiar în cazul regimului variabil al sarcinii şi al tensiunilor aplicate. Deci transformatorul de cuplaj menţine sau modifică corespunzător noului regim al sarcinii şi valoarea gradului de nesimetrie a tensiunii aplicate. Simetrizarea sarcinii prin intermediul ultimei scheme se face reglînd curenţii absorbiţi la consumator nu printr-un consum suplimentar de putere activă şi reactivă, ci prin modificarea automată a rapoartelor de transformare ale transformatorului de cuplaj. De asemenea, schema racordării maşinii prin cuplaj transformatoric permite realizarea unui factor de putere îmbunătăţit faţă de schemele discutate în literatură [22], [23].

Folosirea unor motoare asincrone de construcţie obişnuită la simetrizarea sarcinilor nesimetrice (create în mod artificial în cadrul laboratorului de centrale şi reţele electrice al Institutului politehnic „Gh. Gheorghiu-Dej") arată că se obţine o filtrare apreciabilă a componenţei inverse de curent. Supratensiunile care apar pronunţate în schema fără motoare sînt reduse mult cînd se folosesc maşini asincrone.

4. Consideraţii asupra posibilităţilor de experimentare

Detectarea nesimetriei electrice pe cale analitică sau prin măsurări se face cu scopul conceperii unei scheme de simetrizare şi aplicării ei fie în laborator pe modele, fie în practică prin intermediul instalaţiilor experimentale. Rezultatul măsurărilor întreprinse pot confirma eficacitatea schemei de simetrizare aplicată în diverse situaţii concrete. De aceea vom prezenta aspecte ale experimentărilor făcute cu schemele discutate în articol şi vom arăta posibilităţile de lărgire a domeniilor descrise, indicîndu-se eventualele posibilităţi de folosire a lor la nivelul instalaţiilor electrice din ţara noastră.

Utilizarea practică a schemelor din figurile 1 şi 2 din tabela 2 a fost arătată de autor [1], [2], dîndu-se şi exemple numerice mai ales pentru instalaţii de joasă tensiune. Schema din figura 3, tabela 2 a fost [19] transpusă pe un model de laborator, obţinîndu-se, pentru puteri mici pînă la 500 W, grade de nesimetrie în curent sub 5%. Autorul intenţionează extinderea gamei de puteri la care a lucrat schema — în scopul atacării domeniului sarcinilor industriale.

Schema din figura 6, tabela 2 a fost transpusă pe model [18] şi s-au obţinut o serie de concluzii care deschid perspectiva aplicării fără dificultăţi a unor asemenea scheme de simetrizare şi pe reţeaua de contact a căilor ferate electrificate din ţara noastră.

Pentru studierea simetrizării sarcinilor nesimetrice din cuprinsul unui oraş în care apare tracţiunea monofazată s-a conceput [18] un model ce reproduce la scară o reţea reală. Schema modelului este relativ simplă, fiind alimentată dintr-un transformator cu trei înfăşurări; una din înfăşurările secundare alimentează reţeaua de tracţiune orăşenească, iar cealaltă înfăşurare alimentează consumatori industriali trifazaţi. După ce se indică variaţia armonicilor [3], [5], [7], [9], [11] în funcţie de raportul puterii preluate în monofazat şi în trifazat se arată că situaţia cea mai avantajoasă din punctul de vedere al exploatării este atunci cînd raportul puterilor, cea de tracţiune şi cea trifazată sînt cuprinse între 1, 5 şi 2. Datele şi concluziile ce decurg din studiul modelului publicat arată că determinarea şi remedierea nesimetriei din reţelele orăşeneşti ale marelor centre industriale prezintă interes practic, în special sub raportul îmbunătăţirii condiţiilor de funcţionare atît a consumatorilor, cît şi a reţelelor electrice de alimentare. Construirea schemelor echivalente de calcul — a unor reţele trifazate care alimentează sarcini monofazate — înlesnesc [28], [30] determinarea curenţilor şi tensiunilor la barele fiecărei substaţii de alimentare a consumatorilor nesimetrici, folosindu-se maşinile cifrice de calculat.

Întrucît în prezent în diverse institute de cercetări, în cele de învăţămînt superior şi în întreprinderi de electricitate există amenajate laboratoare pe specialităţi este de prevăzut că aplicarea schemelor discutate şi experimentarea unor noi variante de scheme pentru detectarea şi remedierea nesimetriilor în instalaţiile electrice din ţara noastră vor prezenta un interes practic imediat.

Concluzii

Detectarea nesimetriilor poate fi făcută fie pe cale analitică prin aplicarea relaţiilor din tabela 1, fie prin folosirea nomogramelor pre-

calculate dacă s-au măsurat curenții și tensiunile în rețeaua de alimentare. Aspectele prezentate în articol, împreună cu alte considerații ale autorului [1], [2], contribuie la formarea și prezentarea unei concepții unitare a sesizării și remedierii nesimetriei sarcinilor nesimetrice.

Relațiile de calcul ale gradelor de nesimerie din tabela 1, în parte inedite, cît și schemele reprezentative din tabela 2 ne-au permis să aducem unele precizări, să indicăm neajunsurile, să le selecționăm pe cele mai adecvate și lesne de aplicat pentru a le pune la dispoziția practicii de proiectare și exploatare a rețelelor electrice care alimentează consumatori nesimetrici. Căile de simetrizare se axează pe două tipuri de scheme cele cu elemente statice și cele cu elemente dinamice. În ambele situații importanța simetrizării constă în reducerea pierderilor suplimentare ; îmbunătățirea randamentului factorului de putere și ameliorarea condițiilor de exploatare a consumatorilor nesimetrici și a rețelelor de alimentare.

Perspectiva simetrizării, cu și fără posibilității de automatizare, se întrevede în special în cazul sudurii electrice prin folosirea schemelor cu dispozitive dinamice, în cazul căilor ferate electrificate și în diverse alte cazuri de consumatori industriali nesimetrici prin folosirea schemelor cu dispozitive statice.

Indicarea posibilităților practice de detectare și remediere a nesimetriilor sarcinilor electrice prin aplicarea schemelor și dispozitivelor prezentate creează premisa folosirii lor și la nivelul instalațiilor electrice din țara noastră, în scopul îmbunătățirii condițiilor de exploatare.

ANEXA

Exemple de calcul

Aplicînd relațiile (1—2) și (2—2) din tabela 1, pentru o linie electrică nesimetrică prin construcție, echipată cu conductoare din OL-Al și OL, se obțin rezultatele indicate în tabela 3.

Folosind schemele de racordare a sarcinilor monofazate din tabela 1 (figurile de la punctele 3—4 și 3—2) și făcînd raportul gradelor de nesimetrie în tensiune, se obține :

$$K = \frac{|\delta_u|}{|\delta_u'|} = \frac{|Z_i\,(a^2+1)|\cdot 100}{|2Z_i + Z_s|} \cdot \frac{|Z_i + Z_s|}{|a^2 Z_i|\cdot 100} = \left| -\frac{Z_i + Z_s}{2Z_i + Z_s} \right| < 1. \qquad (A-1)$$

Conectarea a două sarcini monofazate între fazele rețelei trifazate conduce la un grad de nesimetrie δ_u mai mic decît δ_u' în cazul unei sarcini monofazate. Aplicarea schemelor din tabela 2 (figura de la punctul 1) pentru simetrizarea sarcinii monofazate $S = 1\,000$ VA ; $U = 115$ V ; $\cos\varphi = 0{,}866$, se face urmărind ca factorul de putere al sistemului de alimentare $\cos\varphi$ să fie egal cu al sarcinii monofazate. Aplicînd expresiile date în [1] se obține :

$$X_a = \frac{\operatorname{tg}\psi - 3\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}\psi(\operatorname{tg}\psi - 2\operatorname{tg}\varphi) - 1} \cdot \frac{Z_s}{\cos\varphi} = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{3}{\sqrt{3}}}{\frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{2}{\sqrt{3}}\right)} \cdot \frac{U^2}{\frac{\sqrt{3}}{2} S} = 13{,}2\ \Omega ;$$

$$X_b = \frac{\operatorname{tg}\psi - \sqrt{3}}{\operatorname{tg}\psi(\operatorname{tg}\psi - 2\operatorname{tg}\varphi) - 1} \cdot \frac{Z_s}{\cos\varphi} = X_a = 13{,}2\ \Omega ;$$

$$X_c = \frac{\operatorname{tg}\psi + \sqrt{3}}{\operatorname{tg}\psi(\operatorname{tg}\psi - 2\operatorname{tg}\varphi) - 1} \cdot \frac{Z_s}{\cos\varphi} = -26{,}4\ \Omega. \qquad (A-2)$$

Mărimea X_c este o capacitate, iar X_b și X_a sînt reactanțe inductive. Calculînd tensiunile cu relațiile indicate în [1] se obține :

$$U_{a0} = U_{b0} = \frac{115}{\sqrt{3}} = 66{,}2\ \text{V și } U_{c0} = 115 \times 1{,}15 = 132\ \text{V}. \qquad (A-3)$$

Curenții din cele trei faze au valorile :

$$I_a = I_b = \frac{U_{a0}}{X_a} = \frac{U_{b0}}{X_b} = \frac{66{,}2}{13{,}2} = 5\ \text{A} ; \quad I_c = \frac{U_{c0}}{X_c} = \frac{132}{26{,}5} = 5\ \text{A}. \qquad (A-4)$$

Calea clasică de simetrizare este mult mai laborioasă.

În privința folosirii mașinilor electrice pentru simetrizare, calculele numerice duc la următoarele rezultate :

Proiectarea mașinii rotative, conform schemei din tabela 1 (fig. 8) pentru sudare în curent alternativ, a cuprins o înfășurare monofazată de 68 V în gol și $I_n = 200$ A, o înfășurare trifazată 3 × 380 V, $I_n = 25$ A, $n = 1\,500$ rot/min și trei rotoare avînd 54 de crestături, 22 crestături și, respectiv, 14 crestături.

Performanțele obținute prin experimentări arată că mașina cu 54 crestături are $\delta_i = 10\,\%$ și un randament necorespunzător din cauza pierderilor suplimentare mari. Aceea cu 22 crestături cu $\delta_i = 20\,\%$ s-a comportat satisfăcător. Mașina cu 14 crestături dă rezultate ca și prima, cu deosebirea că armonicele de dinți sînt mai pronunțate, iar la scurtcircuit are $\delta_i = 28\,\%$. Randamentul este maxim la curenți de circa 100 A. Mașina electrică folosită pentru simetrizare pe baza schemei din tabela 1 (fig. 9) are $\delta_i = 3 - 4\,\%$ cînd rapoartele de transformare sînt cuprinse între 0,34—3,18. Randamentul are valoarea 0,35 la curenții mici și atinge 0,75 în cazul curenților mari.

Exemplul numeric efectuat [24] arată că schema din tabela 1 (fig. 10) îmbunătățește parametrii de funcționare a convertizorului, permite reglarea regimului fără pierderi și înlesnește îmbunătățirea factorului de putere.

Tabela 3

a) Conductoare din OL—Al.														b) Conductoare din OL	
U, kV	S, kVA	R_p, Ω	P, kW	Q, kVAr	b, cm	l, km	ρ, Ω·cm	Z_{sup2}	Z_{sup1}	Z_{sd}	Z_{si}	δ_i, %	δ_u, %	δ_i, %	δ_u, %
15	10^3	3	750	650	110	10	10^4	1,7—j1,03	2,2—j0,43	169+j141	42,4+53,3	3,36	0,86	7,4<10	1,82<5
35	$3{,}2 \cdot 10^3$	1	210^3	1 500	300	30	10^4	3,3—j5,92	1,83+j4,73	392+j292	68+j73,75	6,22	1,6		

Calculele numerice făcute [26] în cazul simetrizării sarcinilor cu ajutorul schemei din tabela 1, figura 7, scot în evidență eficacitatea folosirii mașinilor asincrone în cele mai uzuale situații întîlnite în practică. Ilustrarea se face prin calcularea curenților și tensiunilor, cum și prin prezentarea unor diagrame ridicate experimental. Prin aplicarea relațiilor (7—1), (7—2), (7—3) se obțin grade de nesimetrie în curent și tensiune sub limitele exploatării normale a consumatorilor nesimetrici racordați la rețele electrice trifazate.

Bibliografie

[1] *Carabulea, A.* Aspecte teoretice și practice privind simetrizarea sistemelor electrice. În : Energetica **XII**, nr. 6, 1964, p. 267—280.

[2] *Carabulea, A.* și *Arie, A.* Metode pentru remedierea nesimetriilor în rețelele electrice. București, IDT, 1963.

[3] *Hochreiner, A.* Simetrical componenten in Drehstromsystemen. Berlin — Göttingen — Heidelberg, Springer Verlag, 1957, p. 364.

[4] *Kovzan, A. A.* Otenka nesimetrii v trifazanîh sistemah a promosciu nomogrami. In : Izv. V.U.Z. Energhetika, nr. 7, 1961, p. 28—34 și nr. 2, 1960, p. 27—40.

[5] *Lode, L.* și *Andersson, G.* Filtre pour componentes symetriques des courtans. In : A.S.E.A. Revue **31**, nr. 1, 1959, p. 15—17.

[6] *Machacek, C.* Mereni nesymetrie. In : Energetika **8**, nr. 9, 1958, p. 408—410.

[7] *Merovici, R.* ș.a. Rasceot tokov, naprajenii v electroenergheticeskoi sisteme pitainscei nesimetricnie nagruski. In : Elektricestvo, nr. 9, 1955, p. 60—70.

[8] *Carabulea, A.* Contribuții la studiul influenței rețelelor electrice două conductoare-pămînt asupra circuitelor învecinate de telecomunicație. Cap. II referitor la nesimetrii. Teză de dizertație. Institutul Politehnic București, 1963.

[9] *Fabricant, V. I.* Filtrî simetricinih sostavleaniscih. Moscova, 1950.

[10] *Pronteau, E.* Calcul des tensions dans un reseau triphasé désequilibré par un prélèvement de puissance monophasée entre deux phases. In : R.G.E., nr. 5, 1950, p. 225—231.

[11] *Carabulea, A.* Calculul nesimetriilor rețelelor electrice două conductoare-pămînt. Comunicare științifică la sesiunea corpului didactic. Institutul Politehnic București, 1959.

[12] *Dinculescu, C.* ș.a. Influența armonicilor produse de redresoare asupra funcționării unui sistem electric. In : Buletinul I.P.B. **XXIV**, fasc. 2, apr-iunie 1962, p. 147—166.

[13] *Antoniu, I. S.* Bazele teoretice ale electrotehnicii. Partea a III-a, chestiuni speciale. București, Ed. Acad. R.P.R., 1959.

[14] *Rojavschi, S. M.* Practiceskie kriterii vojmojnosti prisoldinenie moșcinosti odnofaznoi nagruzki. K energosistemu o danoi tocike setei. In : Izv. V.U.Z. Energhetika, nr. 4, 1960, p. 1—4 și nr. 4, 1961, p. 126—130.

[15] *Genkin M. V.* Eqhilibrage statique d'une charge monophasée. In : R.G.E., nr. **12**, 1947, p. 489.

[16] *Rusce, E.* The balancing of unbalanced threephase load. In : A.S.E.A. Revue, nr. 2, 1959, p. 237—146.

[17] *Kavzan, A. A.* O simetrirovanie trifaznîh sistem sodnofaznami nagruzkami. In : Izv. V.U.Z. Energhetika, nr. 10, 1958, p. 17—25 și nr. 4, 1959, p. 17—26.

[18] *Rojavschi, S. M.* Isledovanie s pomoșciu fiziceskoi modeli vleanie na pitaiscuium energosistemu gorodscogo rastati. În : Izv. V.U.Z. Energhetika **6**, nr. 5, 1963, p. 37—45.

[19] *Bamdas, A. M.* și *Culinici, V. A.* Automaticeskoe simetrirovanie trefaznoi seti pitaiuscei activnuiu adnofazaniu nagrusku permenovo velicinî. In : Izv. V.U.Z. Energhetika, nr. 9, 1959, p. 53—59 și nr. 5, 1961, p. 1—6.

[20] *Gubanov, V. V.* Transformator preobrazovateli odnofaznovo naprejenia v trifaznovo. In : Izv. V.U.Z. : Energhetika, nr. 6, 1956, p. 16—24.

[21] *Kulinici, V. A.* Staticeskie preobrazovateli odnofaznovo toko v trifaznîk dlea silovîh ustanovok. In : Izv. V.U.Z. Elektromehanika **7**, nr. 7, 1964, p. 737—745.

[22] *Dordea, T.* ș.a. Mașina asincronă convertizoare din tri-monofazat. In : Studii și cercetări științifice. Acad. R.P.R., filiala Timișoara, tom. **IV**, nr. 3 — 4, 1957, p. 33—51.

[23] *Dordea, T.* ș.a. Simetrizarea convertizorului trimonofazat prin cuplaj transformatoric. In : Buletinul științific și tehnic. Institutul Politehnic Timișoara, tom. **3**, 17, 1958, p. 129—144.

[24] *Centea, O.* și *Novac, I.* Metoda de simetrizare completă, independent de sarcină, a convertizorului asincron tri-monofazat. În : Studii și cercetări, științe tehnice, Acad. R.P.R., baza Timișoara, **VI**, nr. 3—4, 1959, p. 9—30.

[25] *Rudinski, S.* The use of small Synchronous Machines for Detecting Negative segvence components. In : Electrical Journal **167**, nr. 22, 1 dec 1961, p. 1350—1356.

[26] *Titzl, I.* Blindleistungs machinen zur Symmetrierung unsymmetrischer Netzbelastungen. In : E.T.Z.-A **82**, nr. 12, 5 iunie 1961, p. 365—372, și nr. 13, iulie 1956, p. 453.

[27] *Carabulea, A.* Scheme și impedanțe echivalente pentru rețele electrice două conductoare-pămînt (DCP). Comunicare la sesiunea științifică a cadrelor didactice. Institutul Politehnic București, oct 1957.

[28] *Militaru B.* Contribution au calcul des réseaux triphasés avec des racords monophasées. In : Buletinul I.P. B. **XXV**, fasc. 2, mai-iunie 1963, p. 85—122.

[29] x x x Colecția de patente, clasa 21 d², nr. 42—53, nr. înreg. 121851 din 14.01.1959 ; nr. 127744 din 22.12. 1958, nr. 120594 din 22.09.1958.

[30] *Clarke, E.* Circuit analysis of A—C power Systems. New-York 1943.

Intrat în redacție la 7.VII.1965

RECENZIE

CZ 621.315.5 : 596.5

Utilizarea în electrotehnică a metalelor pure la temperaturi coborîte. In: Revue Générale de l'electricité, tom. **74**, nr. 6, iunie 1965, p. 529 – 567.

În cuprinsul a cinci articole se examinează folosirea în electrotehnică a metalelor pure la temperaturi coborîte, prezentîndu-se următoarele probleme:

1. *B. Broniewski*: „O etapă în concepţia maşinilor electrice: cryomaşini" (Une étape dans la conception de la machine électrique: la cryomachine), p. 500 + 532. Se expune pe scurt stadiul cercetărilor şi se prezintă problema folosirii metalelor de mare puritate la temperaturi foarte joase, pentru construirea maşinilor şi aparatelor electrice. Se indică aplicaţiile ce se întrevăd a fi posibile în această ramură a tehnicii noi de construire a maşinilor electrice.

2. *P. Burnier* şi *P. Laurenceau*: „Bazele fizice şi importanţa cryomaşinilor (Fondements physiques et intérêt des cryomachines), p. 533 ÷ 550. După ce se expun două căi de diminuare a pierderilor în maşinile electrice prin folosirea supraconductoarelor şi a metalelor pure, se insistă asupra fenomenelor fizice şi a parametrilor care intervin. Se studiază comportarea semiconductoarelor – de siliciu şi germaniu – la temperaturi scăzute şi se defineşte în linii mari ce se înţelege printr-o cryomaşină.

3. *C. Crussard*: „Cîteva idei fundamentale asupra conductibilităţii la temperaturi coborîte" (Quelques idées fondamentales sur la conductibilité aux basses températures), p. 551 ÷ 554. După ce se amintesc legile care permit determinarea conductibilităţii metalelor de mare puritate, puse să funcţioneze la temperaturi foarte joase, autorul scoate în evidenţă factorii mai importanţi care trebuie reţinuţi şi arată căile practice de folosire a aluminiului şi berliului.

4. *P. Vachet* şi *J. Bonmarin*: „Folosirea aluminiului pur în cryomaşini" (Emploi de l'aluminium raffiné dans les cryomachines), p. 555÷560. Se expun căile de obţinere a aluminiului de puritate ridicată. Se indică caracteristicile mecanice şi electrice ale metalului menţinut la temperaturi joase, care prezintă interes pentru aplicaţiile cryogenice.

5. *P. Vachet*: „Beriliul şi cryomaşinile" (Le Béryllium et les cryomachines), p. 561÷566. Se arată stadiul cercetărilor pentru folosirea beriliului în aparataj electric. Se subliniază caracteristicile electrice ale metalului care funcţionează la temperaturi coborîte şi se indică particularităţile pentru studierea cryomaşinilor. Studiul asupra folosirii metalelor pure — la temperaturi coborîte — în electrotehnică este însoţit de o introducere şi se încheie cu un rezumat al discuţiilor care scot în evidenţă importanţa şi aplicaţiile curente şi de viitor ale cryomaşinilor.

A.C.

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 621.3.016.1 : 621.313.392.001.24

Barscevskii, G. G. **Cuplul electromagnetic dezvoltat de maşina reactivă.** In: Elektricestvo **85**, nr, 3, 1965, p. 74–78.

Pornind de la ecuaţiile generale ale maşinii sincrone cu poli aparenţi (forma A. A. Gorev), autorul stabileşte expresia generală a cuplului electromagnetic dezvoltat de maşina reactivă în regim asincron de funcţionare la alunecare constantă, luînd în considerare şi rezistenţa statorului. În literatura de specialitate această problemă este rezolvată numai pentru regimul sincron de funcţionare. Funcţionarea maşinii reactive cu regim asincron este importantă în stadiul procesului de sincronizare şi resincronizare, cum şi în legătură cu pornirea acesteia.

Se obţine astfel în expresia cuplului electromagnetic dependenta componentei continue şi periodice de alunecare şi rezistenţa statorului, respectiv de alunecare, rezistenţa statorului şi unghiul intern de funcţionare.

Studiind separat cele două componente se descoperă rolul şi influenţa rezistenţei statorului asupra acestora în regim asincron şi sincron, cum şi pentru intervalele $S = 0 + 0{,}5$; $S = 0{,}5 + 1$.

Se subliniază, de asemenea, că în calculele de stabilitate statică trebuie să se ţină seamă de faptul că majorarea rezistenţei statorului duce la majorarea cuplului maxim şi a unghiului intern de funcţionare numai pînă la o anumită valoare a acesteia, lucru care nu este cunoscut în literatura de specialitate.

V.N.

CZ 621.3.004.52 : 011.2

Adonţ, G. T. ş. a. **Influenţa rezistenţei active şi a proceselor tranzistorii din înfăşurarea statorului asupra variaţiei unghiului intern de funcţionare a maşinii sincrone.** In: Elektricestvo **85**, nr. 1, 1965, p. 58–61.

În articol se analizează influenţa rezistenţei statorului şi a proceselor tranzitorii din înfăşurarea statorului asupra legii de variaţie a unghiului intern de funcţionare a maşinii sincrone de diferite puteri în regimul de scurtcircuit trifazat. Pentru rezolvarea ecuaţiilor de tensiuni şi a cuplului electromagnetic s-a folosit maşina analogică de calcul de tipul MMND. În acest scop se consideră maşina sincronă idealizată. Se arată că în cazul maşinii sincrone de mare putere (la care rezistenţa statorului în unităţi relative este $r < 0{,}008$), neglijarea rezistenţei statorului şi a proceselor tranzitorii din stator în calculul variaţiei, în timp, a unghiului intern, afectează o eroare comparabilă cu eroarea de lucru a maşinii de calcul.

În cazul maşinii sincrone de mică putere, neglijarea proceselor tranzitorii din stator nu are un efect important asupra variaţiei, în timp, a unghiului intern, pe cînd neglijarea rezistenţei statorului afectează o eroare substanţială.

N.V.

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.016.33

Strelnikov, A. N. **Influenţa variaţiei tensiunii de alimentare a saturaţiei şi a sarcinii asupra cuplului electromagnetic şi greutăţii unui motor de curent continuu.** În: Elecktricestvo **85**, nr. 2, 1965, p. 54–57.

În sistemele electrice de mică putere de curent continuu sau în cele în care drept surse de alimentare sînt bateriile de acumulatoare, tensiunea înregistrează variaţii importante. Această variaţie influenţează fluxul magnetic din întrefierul maşinii, curentul absorbit, viteza de rotaţie; în plus, toate aceste maşini depind atît de saturaţia maşinii, cît şi de caracterul sarcinii.

În articol se analizează influenţa acestor factori asupra cuplului electromagnetic şi greutăţii motorului. ajungîndu-se la următoarele concluzii:

1) în cazul cînd motorul funcţionează la cuplu rezistent constant este recomandabil ca circuitul magnetic să fie foarte saturat;

2) în cazul motoarelor al căror cuplu rezistent este proporţional cu viteza de rotaţie sau cu pătratul acesteia, există o saturaţie determinată a circuitului magnetic, care asigură dimensiunile optime pentru maşină.

În mașinile care funcționează pe porțiunea liniară a caracteristicii de magnetizare, influența caracterului cuplului rezistent asupra dimensiunilor mașinii este neglijabilă.

V.N.

CZ 621.313.323.072.8

Șabad, V. K. și Liubin, V. S. **Reglajul unui compensator sincron de mare putere în scopul majorării sarcinii în regim inductiv de funcționare.** In : Elektricestvo **85**, nr. 1, 1965, p. 70 — 74.

În sistemele enegetice de foarte înaltă tensiune apare necesitatea de a consuma o însemnată cantitate de putere reactivă în perioadele de consum redus de putere activă. În acest scop pot fi folosite compensatoarele sincrone, care trebuie să funcționeze în regim subexcitat. Pentru a majora capacitatea de absorbție a acestora se aplică excitația negativă ; în acest regim însă este posibilă „răsturnarea rotorului" (rotirea acestuia cu un unghi egal cu π rad. el.), deoarece regulatoarele de tensiune nu asigură funcționarea stabilă a mașinii în acest regim. Pentru a asigura stabilitatea compensatorului în regim de excitație negativă la valori ale unghiului intern de funcționare mai mare decît unghiul critic, se stabilește reglajul excitației negative în funcție de valorile unghiului intern de funcționare.

Analiza comportării mașinii într-un asemenea regim a fost studiată pe modele matematice, plecîndu-se de la ecuațiile generale ale mașinii sincrone idealizate. Eficacitatea metodei în regim dinamic la valori ale unghiului intern mai mari decît unghiul critic este mai scăzută.

V.N.

CZ 621.313.323.016.32

Gurevitch, I. E. și Xaciaturov, A. A. **Stabilitatea motoarelor sincrone în regim asincron.** In : Elektricestvo **85**, nr. 3, 1965, p. 35—41.

Studiul stabilității motorului sincron în regim asincron dobîndește o importanță practică deosebită, avînd în vedere faptul că regimul asincron de scurtă durată și sistemele energetice se folosesc în etapa actuală în mod curent în scopul menținerii stabilității generale a acestora. Deși regimul asincron oferă posibilitatea resincronizării sistemului, în general, în unele ramuri ale sistemului energetic se semnalează funcționarea instabilă a unor consumatoare, dintre care — motorul sincron.

Plecînd de la ecuațiile de funcționare a motorului sincron idealizat, considerînd variația tensiunii și frecvenței, în punctul de alimentare a motorului, sinusoidale în raport cu alunecarea și rezolvînd aceste ecuații cu ajutorul mașinii analogice pentru un caz concret, articolul se încheie cu următoarele concluzii :

— stabilitatea motorului sincron în regim asincron de funcționare a sistemului este influențată de curentul de excitație, constanta de timp mecanică, coeficientul de sarcină, impedanța externă ;

— stabilitatea dinamică asincronă este influențată favorabil prin forțarea excitației, reducerea coeficientului de sarcină și micșorarea reactanței externe.

V.N.

CZ 621.313.333.017

Golovan, A. T. și Schekar, G. R. **Influența curenților liberi asupra pierderilor la frînarea prin contracurent a motorului asincron cu rotorul în scurtcircuit.** In : Elektricestvo **85**, nr. 1, 1965, p. 56—57.

În articol se arată că în calculele de acționare electrică cu mașini asincrone se consideră teoria statică a acesteia.

Se constată însă că între datele obținute prin aplicarea formulelor de calcul al pierderilor electrice în rotor și timpul de frînare, și cele experimentale, apar diferențe însemnate. Neconcordanța între cele două serii de date se explică prin neglijarea, în cadrul teoriei statice, a mașinii asincrone, a componentelor dinamice ale curenților care apar în circuitele mașinii în procesul frînării prin contracurent.

Rezolvînd ecuațiile generale de tensiuni ale mașinii asincrone pentru cazul funcționării în gol la viteză sincronă și luînd în considerare componentele forțate și aperiodice ale cuplului electromagnetic, se obțin date apropiate de cele experimentale.

V.N.

CZ 621.313.33.011.1.004.13

Nedelcu, N. V. **Despre formele raționale de scriere a ecuațiilor mașinilor sincrone.** (O raționalinoi forme zapisi uravnenii sinhronnoi mașini). Izvestia Bîșih Ucebnîh Zavedenia. In : Electromehanica **7**, nr. 12, 1964, p. 1414—1421, 8 fig., 17 ref. bibl.

Se arată că în literatură există 128 de variante ale ecuațiilor mașinilor sincrone scrise în coordonate d ; q ; o. Această situație creează mari dificultăți atît la predarea problemei în cadrul institutelor de învățămînt, cît și la utilizarea relațiilor Park-Gorev. Se compară diversele variante întîlnite. Se atacă problema dintr-un punct de vedere original și se ajunge la simplificări maxime, înlesnind înțelegerea fenomenelor fizice. Respectîndu-se riguros legile generale ale electrotehnicii și luîndu-se în considerare proprietățile caracteristice ale proceselor electromagnetice care se desfășoară în mașinile sincrone, se arată cum se deduc și se scriu ecuațiile Park-Gorev, reducîndu-se numărul de variante la patru. În acest scop se folosește noțiunea de „vector reprezentativ spațialo-temporar" al sistemelor scalare trifazate cu repartiție spațială simetrică. După definirea vectorilor reprezentativi ai sistemelor trifazate apare posibilitatea de stabilire a unui criteriu de valabilitate al ecuațiilor generale diferențiale ale mașinii dacă acestea satisfac ecuațiile regimului de funcționare.

Scrierea ecuației vectoriale unice pentru tensiunea statorică se face atît pentru generatorul sincron, cît și pentru motorul sincron. În primul caz, generatorul se consideră idealizat în sensul Park. Regimul de funcționare se consideră cel staționar supraexcitat, iar sensurile pozitive ale mărimilor se aleg în concordanță cu regula dipolului generator. În cazul al doilea — al motorului sincron — se presupune că generatorul examinat trece în regim de motor la aceeași excitație. Se scriu apoi ecuațiile diferențiale ale mașinilor sincrone în coordonate d, q. Folosindu-se ecuația unică vectorială a mașinii și impunînd condiția ca ea să satisfacă la limită ecuația regimului de referință, se ajunge la următoarele concluzii :

1. forma scrierii legii inducției electromagnetice și alegerea sensului pozitiv al axei q față de sensul pozitiv al axei d nu influențează forma ecuațiilor diferențiale în sistemul d, q — ale mașinii în ipoteza Park ;

2. deși în literatură figurează 128 variante ale ecuațiilor diferențiale ale mașinilor sincrone, rămîn valabile doar patru variante care satisfac ecuațiile regimului de referință de funcționare a mașinii, atît ca generator, cît și ca motor (regim supraexcitat și subexcitat de excitație) ;

3. standardizarea acestor ecuații se rezolvă automat prin alegerea unuia dintre sistemele menționate ;

4. introducerea noțiunii de vector spațialo-temporar reprezentativ permite caracterizarea univocă, în timp și spațiu, a proceselor electromagnetice care apar în circuite trifazate cu repartiție spațială simetrică și sinusoidală și înlesnește unificarea teoriei clasice și moderne a mașinilor de curent alternativ.

A.C.

CZ 621.317 *Tehnica măsurilor electrice*

CZ 621.317.333 : 621.315.6

Jeanmaire, G. **Studiul experimental al fenomenelor de polarizare în dielectrici.** (Étude expérimentale des phénomènes de polarisation dans les diélectriques). In : Revue générale de l'électricité, tom. **74**, nr. 6, iunie 1965, p. 499—528, 23 fig., 27 ref. bibl.

În articol se analizează o serie de probleme conexe cu privire la polarizare, tratîndu-se în continuare următoarele aspecte :

— polarizarea dielectricilor — descrierea fenomenului și indicarea relațiilor uzuale ;

— influența și variația cîmpului electric local în funcție de timp cu precizarea uniformității și neuniformității în funcție de densitatea spațială de sarcină în volumul dielectricului ;

— probleme legate de experimentarea și descrierea aparatajului folosit ;

— comentarea rezultatelor obținute pentru diverse tipuri de dielectrici.

Dacă se aplică unui dielectric o tensiune se obține un curent relativ ridicat, care tinde să capete o anumită valoare stabilă foarte slabă, atunci cînd se repetă aplicarea tensiunii. Acest curent corespunde fenomenului de polarizare sau depolarizare în mediu dielectric. Se fac unele precizări care lămuresc fenomenele care intervin. După trecerea regimului tranzitoriu, dielectricul este sediul unui curent permanent a cărui origine este controversată. Autorul întreprinde o cercetare experimentală amănunțită în acest sens, folosind efectul electrooptic Kerr. Se stabilește astfel repartiția cît mai exactă a cîmpului electric în tot spațiul dielectric supus tensiunii aplicate.

Se analizează cinetica purtătorilor de sarcină de la punerea sub tensiune a dielectricului și prin separarea polarizării de orientare a dipolilor și a celei datorită sarcinilor spațiale. Se fac unele precizări care înlesnesc înțelegerea și interpretarea corespunzătoare a fenomenelor.

A.C.

CZ 621.317.382.087

Penescu, C. **Măsurarea numerică a puterii active și reactive.** (Digital Measurement of Active and Reactive Power). In : I.E.E.E. Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-84, nr. 7, iulie 1965, p. 609—621, 14 fig., 3 tab., 1 ref. bibl.

După prezentarea critică a stadiului de dezvoltare a cercetărilor privind construcția aparatelor de măsurare numerică, se arată relațiile și schema care înlesnesc măsurarea puterii active folosind un traductor combinat analogic-analogic și analogic-digital. După aceasta se indică metodele generale de măsurare numerică a puterii, scoțindu-se în evidență relațiile de calcul și schemele adecvate pentru înțelegerea fenomenului fizic. Considerațiile sînt completate cu o serie de date și scheme care permit luarea în considerare a factorului de putere.

Articolul cuprinde două aspecte esențiale, și anume :

1. măsurarea numerică a puterii medii folosind metode de multiplicare ;

2. măsurarea puterii folosind metode de integrare numerică. Pentru ambele cazuri se dau schemele de măsurare și diagramele de variație a mărimilor electrice. Puterea care se măsoară cu ajutorul schemelor prezentate se poate calcula cu o serie de relații indicate. Pînă în prezent, măsurarea puterii ce rezultă din produsul neliniar al tensiunii U, curentului I și factorului de putere cos φ nu s-a făcut pe cale numerică. Metodele prezentate înlesnesc măsurarea puterii cu precizie și rapiditate mărită. Traductoarele numerice de putere activă și reactivă se folosesc pentru înregistrarea automată a curenților, tensiunilor și a puterilor active și reactive. În privința curenților și tensiunilor există deja realizat pe diferite soluții traductoare sau aparate de măsurare numerice. Autorul a realizat un traductor și un aparat de măsurare numeric complet tranzistorizat pe baza unei soluții noi. În ceea ce privește măsurarea puterii active și reactive, pînă în prezent nu s-au realizat decît traductoare mixte cu elemente analogice de putere și cu elemente numerice de tensiune. Această soluție nu oferă precizia necesară la stadiul actual de dezvoltare a tehnicii. Astfel, pentru a înlătura acest neajuns, autorul dă și soluții de realizare a unor traductoare numerice de putere activă și reactivă complet tranzistorizate. Soluțiile prezentate au fost experimentate în cadrul laboratoarelor de automatică din cadrul Institutului politehnic „Gh. Gheorghiu-Dej" din București. Articolul conține premisele teoretice de calcul și măsurare a puterii active și reactive pe care autorul, în urma experimentărilor efectuate, le va completa cu aspecte noi într-o altă lucrare

A.C.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU ; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Academiei Republicii Socialiste România ; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil ; ing. V. BUNEA ; ing. V. CIOFU ; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU ; ing. AL. GRECEANU ; ing. ȘT. GROSU ; conf. ing. GH. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct ; conf. ing. G. LAZARIDE ; ing. A. POPA ; prof. ing. CRISTINA POPESCU ; ing. VL. POPOVICI ; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET ; ing. ST. ȚIGANETEA ; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din Republica Socialistă România. — Redacția și administrația, București, str. Ion Ghica, nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon : 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administrația revistei. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul de virament: Publicațiile Tehnice M.I.C.M. — cont 026002 Banca Națională a Republicii Socialiste România — Filiala 30 Decembrie, București. Tarif pentru întreprinderi : 100 lei anual ; tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „Informația" str. Brezoianu nr. 23—25. București, c. 4299

41 400

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.34 ; 621.313.2 ; 621.318.4

Шофан, Е., Басараб, С., Константинеску, М., Эмануил, Д. и *Негоеску, Д.:* **Новейшие конструкции приводов с двигателями постоянного тока и магнитными усилителями**

Electrotehnica 13, № 12, дек 1965, стр. 425–430

Описываются 4 варианта весьма часто применяемой конструкции электропривода с переменным числом оборотов, состоящего из двигателя непрерывного тока /с якорем, питаемым через магнитные усилители, предшествуемые или нет электронными регуляторами. Эти 4 варианта, спроектированные сотрудниками И.П.А., иллюстрируют разнообразием комплексности и высоким уровнем параметров отличную приспособляемость рассматриваемого типа электрического привода в наиболее разнообразных условиях эксплуатации, а также возможность разработки соответствующих установок с помощью производимых в стране изделий.

ДК 621.315.619.1

Никола Г., Шонфеляну, М. и *Паскал, Е.:* **Новые типы прессовочных высококачественных материалов для электротехники.**

Electrotehnica 13, № 12, дек 1965, стр. 431–439

Освещаются проведенные И.Ч.П.Е. исследования в целях получения новых прессовочных материалов, обладающих свойством высокого сопротивления в электрической дуге, удовлетворительными механическим и электрическими характеристиками в стредах с повышенной влажностью и хорошей окрашиваемостью.

При этом описываются механические и элекрические свойства в средах с повышенной влажностью (выдержка в воде и при относительной влажности 957± 3%) и при температуре в 120°С., а также сопротивление в электрической дуге в сравнении с достигнутыми за рубежом параметрами.

ДК 621.316.932.1.017.7

Барбу, И.: **К вопросу теплового расчета предохранителей на короткое замыкание.**

Electrotehnica 13, № 12, дек 1965, стр. 440–447

Описывается способ расчета предохранителей на короткое замикание, с учетом колебания параметров предохранителя в зависимости от температуры. В результате испытаний быстродействующих предохранителей, проведенных автором в И.Ч.П.Е., установлено соответствие расчетов с экспериментальными данными и достижение параметров на уровне новейшей техники.

ДК 621.316.11.016.31.001.2

Карабуля, А.: **Выявление и устранение асимметрии электрической нагрузки.**

Electrotehnica 13, № 12, дек 1965, стр. 448–461

Приводится ряд монтажных схем для обнаружения и устранения дисиметрий и асимметрий, возникающих в асимметрично и неуравновешенно загруженных лэектрических сетях.

РЕЦЕНЗИИ 462

РЕФЕРАТЫ 462–464

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.34 ;621.313.2 ; 621.318.4

Şofan, E., Basarab, S., Constantinescu, M., Emanoil, D. und *Negoescu, D.*: **Moderne Antriebsanlagen mit Gleichstrommotoren und Magnetverstärkern.**

Electrotehnica 13, H. 12, Dez. 1965, S. 425–430

Es werden vier Varianten eines häufig verwendeten Types des elektrischen Antriebs mit veränderlicher Drehzahl beschrieben. Die Anlage besteht im Wesentlichen aus einem Gleichstrommotor, dessen Anker durch Magnetverstärker gespeist ist, und dem elektronischen Regler vorgeschaltet sind oder nicht. Die vier im Institut für Atomphysik entwickelten Varianten wiederspiegeln durch ihre Komplexheit und den hohen Leistungsfaktor die besondere Anpassungsfähigkeit des elektrischen Antriebs an die verschiedensten Betriebsbedingungen, sowie die Möglichkeit, entsprechende Anlagen aus den im Lande erzeugten Bestandteile zu bauen.

DK 621.315.619.1

Nicola, Gr., Şonfeleanu, M. und *Pascal, E.*: **Neue Typen von Presstoffen mit besonderen Eigenschaften für elektrotechnische Zwecke.**

Electrotehnica 13, H. 12, .Dez 1965, S. 431–439

Es werden die im Institut für Elektrische Forschungen und Projekte vorgenommenen Untersuchungen im Hinblick auf die Gewinnung von Presstoffen dargelegt, die eine grosse Widerstandsfähigkeit im Lichtbogen, gute mechanische und elektrische Eigenschaften in einer Umgebung mit hoher Feuchtigkeit und ein gutes Färbvermögen aufweisen sollen. Ferner werden die mechanischen und elektrischen Eigenschaften in einer Umgebung mit hohem Feuchtigkeitsgrad (Eintauchen im Wasser und relative Feuchtigkeit von 957 $\pm$ 3%) bei einer Temperatur von 120°C und die Lichtbogenfestigkeit im Vergleich zu den ausländischen Erzeugnissen angeführt.

DK 621.316.932,1.017.7

Barbu, I.: **Erwägungen zur thermischen Berechnung der Kurzschlusssicherungen.**

Electrotehnica 13, H. 12, Dez. 1965, S. 440–447

Der Verfasser beschreibt die Berechnungsweise für Kurzschlussicherungen, wobei in Betracht gezogen wird, dass die Parameter der Sicherung sich im Verhältnis zum Ausdruck der Temperatur verändern. Aus den, vom Verfasser im Institut für elektrische Forschungen und Projekte vorgenommenen Versuche geht hervor, dass die Berechnungen mit den Versuchsergebnissen übereinstimmen und Leistungen auf dem Niveau der Gegenwartstechnik erzielt werden.

DK 621.316.11.016.31.001.2

Carabulea, A.: **Ermittlung und Ausgleichung der Nichtsymetrie der elektrischen Belastung.**

Electrotehnica, 13, H. 12, Dez. 1965, S. 448–461

Es werden eine Reihe Schaltungen und Montageweisen für die Ermittlung und Ausgleichung von Symetriestörungen und Asymetrien dargelegt, die in unausgeglichen und nichtsymetrisch belasteten elektrischen Netzen auftreten.

BUCHBESPRECHUNGEN 462

REFERATE 462–464

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.34 ; 621.313.2 ; 621.318.4

Шофан, Е., Басараб, С., Константинеску, М., Эмануил, Д. и *Негоеску, Д.:* **Новейшие конструкции приводов с двигателями постоянного тока и магнитными усилителями**

Electrotehnica 13, № 12, дек 1965, стр. 425–430

Описываются 4 варианта весьма часто применяемой конструкции электропривода с переменным числом оборотов, состоящего из двигателя непрерывного тока /с якорем, питаемым через магнитные усилители, предшествуемые или нет электронными регуляторами. Эти 4 варианта, спроектированные сотрудниками И.П.А., иллюстрируют разнообразием комплексности и высоким уровнем параметров отличную приспособляемость рассматриваемого типа электрического привода в наиболее разнообразных условиях эксплуатации, а также возможность разработки соответствующих установок с помощью производимых в стране изделий.

ДК 621.315.619.1

Никола Г., Шонфеляну, М. и *Паскал, Е.:* **Новые типы прессовочных высококачественных материалов для электротехники.**

Electrotehnica 13, № 12, дек 1965, стр. 431–439

Освещаются проведенные И.Ч.П.Е. исследования в целях получения новых прессовочных материалов, обладающих свойством высокого сопротивления в электрической дуге, удовлетворительными механическим и электрическими характеристиками в средах с повышенной влажностью и хорошей окрашиваемостью.

При этом описываются механические и элекрические свойства в средах с повышенной влажностью (выдержка в воде и при относительной влажности 957± 3%) и при температуре в 120°С., а также сопротивление в электрической дуге в сравнении с достигнутыми за рубежом параметрами.

ДК 621.316.932.1.017.7

Барбу, И.: **К вопросу теплового расчета предохранителей на короткое замыкание.**

Electrotehnica 13, № 12, дек 1965, стр. 440–447

Описывается способ расчета предохранителей на короткое замикание, с учетом колебания параметров предохранителя в зависимости от температуры. В результате испытаний быстродействующих предохранителей, проведенных автором в И.Ч.П.Е., установлено соответствие расчетов с экспериментальными данными и достижение параметров на уровне новейшей техники.

ДК 621.316.11.016.31.001.2

Карабуля, А.: **Выявление и устранение асимметрии электрической нагрузки.**

Electrotehnica 13, № 12, дек 1965, стр. 448–461

Приводится ряд монтажных схем для обнаружения и устранения дисиметрий и асимметрий, возникающих в асимметрично и неуравновешенно загруженных лэектрических сетях.

РЕЦЕНЗИИ 462

РЕФЕРАТЫ 462–464

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.34 ;621.313.2 ; 621.318.4

Şofan, E., Basarab, S., Constantinescu, M., Emanoil, D. und *Negoescu, D.*: **Moderne Antriebsanlagen mit Gleichstrommotoren und Magnetverstärkern.**

Electrotehnica 13, H. 12, Dez. 1965, S. 425–430

Es werden vier Varianten eines häufig verwendeten Types des elektrischen Antriebs mit veränderlicher Drehzahl beschrieben. Die Anlage besteht im Wesentlichen aus einem Gleichstrommotor, dessen Anker durch Magnetverstärker gespeist ist, und dem elektronischen Regler vorgeschaltet sind oder nicht. Die vier im Institut für Atomphysik entwickelten Varianten wiederspiegeln durch ihre Komplexheit und den hohen Leistungsfaktor die besondere Anpassungsfähigkeit des elektrischen Antriebs an die verschiedensten Betriebsbedingungen, sowie die Möglichkeit, entsprechende Anlagen aus den im Lande erzeugten Bestandteile zu bauen.

DK 621.315.619.1

Nicola, Gr., Şonfeleanu, M. und *Pascal, E.*: **Neue Typen von Presstoffen mit besonderen Eigenschaften für elektrotechnische Zwecke.**

Electrotehnica 13, H. 12, .Dez 1965, S. 431–439

Es werden die im Institut für Elektrische Forschungen und Projekte vorgenommenen Untersuchungen im Hinblick auf die Gewinnung von Presstoffen dargelegt, die eine grosse Widerstandsfähigkeit im Lichtbogen, gute mechanische und elektrische Eigenschaften in einer Umgebung mit hoher Feuchtigkeit und ein gutes Färbvermögen aufweisen sollen. Ferner werden die mechanischen und elektrischen Eigenschaften in einer Umgebung mit hohem Feuchtigkeitsgrad (Eintauchen im Wasser und relative Feuchtigkeit von 957 $\pm$ 3%) bei einer Temperatur von 120°C und die Lichtbogenfestigkeit im Vergleich zu den ausländischen Erzeugnissen angeführt.

DK 621.316.932.1.017.7

Barbu, I.: **Erwägungen zur thermischen Berechnung der Kurzschlusssicherungen.**

Electrotehnica 13, H. 12, Dez. 1965, S. 440–447

Der Verfasser beschreibt die Berechnungsweise für Kurzschlussicherungen, wobei in Betracht gezogen wird, dass die Parameter der Sicherung sich im Verhältnis zum Ausdruck der Temperatur verändern. Aus den, vom Verfasser im Institut für elektrische Forschungen und Projekte vorgenommenen Versuche geht hervor, dass die Berechnungen mit den Versuchsergebnissen übereinstimmen und Leistungen auf dem Niveau der Gegenwartstechnik erzielt werden.

DK 621.316.11.016.31.001.2

Carabulea, A.: **Ermittlung und Ausgleichung der Nichtsymetrie der elektrischen Belastung.**

Electrotehnica, 13, H. 12, Dez. 1965, S. 448–461

Es werden eine Reihe Schaltungen und Montageweisen für die Ermittlung und Ausgleichung von Symetriestörungen und Asymetrien dargelegt, die in unausgeglichen und nichtsymetrisch belasteten elektrischen Netzen auftreten.

BUCHBESPRECHUNGEN 462

REFERATE 462–464

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRI ÉS INFORMÁCIÓS KÖZPONTJA

CONTENTS

DC 621.34: 621.313.2: 621.318.4

Şofan, E., Basarab, S., Constantinescu, M., Emanoil, D. and *Negoescu, D.*: **Some modern drive types with continuous-current motors and magnetic amplifiers.**

Electrotehnica 13, nr. 12, dec 1965, p. 425–430

Four variants are presented of a frequently used type of variable-speed electric drive essentially consisting of a continuous-current motor with the armature fed through magnetic amplifiers preceded or not by electronic regulators. The four variants designed by workteams from the Automation Design Institute illustrate by their variable complexity degree and their high performances the outstanding adaptability of the type of electric drive examined to the most varied exploitation requirements and the possibility of achieving the installations required with Rumanian-made products.

DC 621.315.619.1

Nicola, Gr., Şonfeleanu, M. and *Pascal, E.*: **New types of pressing materials with high properties for electrotechnical purposes.**

Electrotehnica 13, nr. 12, dec 1965, p. 431–439

Some information is given concerning the studies carried out at the Institute for Electrotechnical Research and Design for obtaining pressing materials with high resistance to the electric arc, good mechanical and electrical properties in very humid media and good colouring capacity. The mechanical and electrical properties in very humid media (water and relative humidity of 957 ± 3%) and at a temperature of 120°C are also described as well as the resistance to electric arc in comparison with those of similar foreign materials.

DC 621.316.932.1.017.7

Barbu, I.: **Some considerations concerning the thermic calculus of cut-outs short-circuit.**

Electrotehnica 13, nr. 12, dec 1965, p. 440–447

The author describes the way of calculating the cut-outs at short-circuit taking into account the variation of the cut-out parameters with the temperature expression. The tests carried out with the rapid cut-outs achieved by the author at the Institute for Electrotechnical Research and Design have shown the agreement between the calculus and the experimental results and the obtention of performances meeting the requirements of world technics.

DC 621.316.11.016.31.001.2

Carabulea, A.: **The detection and remedy of the nonsymmetry of the electric charge.**

Electrotehnica 13, nr. 12, dec 1965, p. 448–461

A series of diagrams and connections for detecting and remedying the dissymmetries and asymmetries occurring in the electric networks in an unbalanced and nonsymmetric way are presented.

REVIEWS 462

ABSTRACTS 462–464

SOMMAIRE

CD 621.34 ; 621.313.2 ; 621.318.4

Şofan, E., Basarab, S., Constantinescu, M., Emanoil, D. et *Negoescu, D*: **Types modernes d'installations d'entraînement à moteurs de courant continu et à amplificateurs magnétiques.**

Electrotehnica 13, no. 12, dec 1965, p. 425–430

On présente quatre variantes d'un type souvent utilisé d'entraînements électriques à vitesse variable, qui sont constituées essentiellement par un moteur de courant continu dont l'induit est alimenté par des amplificateurs magnétiques, précédés ou non par des régulateurs électroniques. Les quatre variantes dont les projets ont été élaborés par des collectifs de l'Institut de Projets I.P.A., démontrent par leur degré varié de complexité ainsi que par le niveau élevé des performances, l'adaptabilité particulière du type d'entraînements examiné aux conditions les plus variées de l'exploitation ainsi que la possibilité de réaliser ces installations à l'aide de produits fabriqués dans notre pays.

CD 621.315.619.1

Nicola, Gr., Şonfeleanu, M. et *Pascal, E.*: **Nouveaux types de matériaux de pressage à propriétés élevées, destinés à être utilisés en électrotechnique.**

Electrotehnica 13, no. 12, dec 1965, p. 431–439

On présente les études effectuées à l'Institut de Recherches et de Projets Electrotechniques en vue d'obtenir certains matériaux de pressage qui aient une grande résistance à l'arc électrique, de bonnes propriétés mécaniques et électriques dans des milieux à humidité élevée et une bonne capacité de coloration.

On indique en même temps les propriétés mécaniques et électriques dans les milieux à humidité élevée (maintien dans l'eau et à une humidité relative de 957 ± 3%) à la température de 120°C, ainsi que la résistance à l'arc électrique en comparaison avec les matériaux similaires obtenus à l'étranger.

CD 621.316.932.1.017.7

Barbu, I.: **Considérations concernant le calcul thermique des boutons de sûreté contre le courtcircuit.**

Electrotehnica 13, no. 12, dec 1965, p. 440–447

On décrit le mode de calcul des boutons de sûreté, en cas de courtcircuit, en tenant compte de la variation des paramètres de ces dispositifs lorsque l'expression de la température change. A la suite des essais effectués concernant les dispositifs de sûreté rapides, réalisés par l'auteur à l'Institut de Recherches et de Projets Electrotechniques, on constate la concordance des calculs avec les résultats expérimentaux et l'obtention de certaines performances au niveau de la technique actuelle.

CD 621.316.11.016.31.001.2

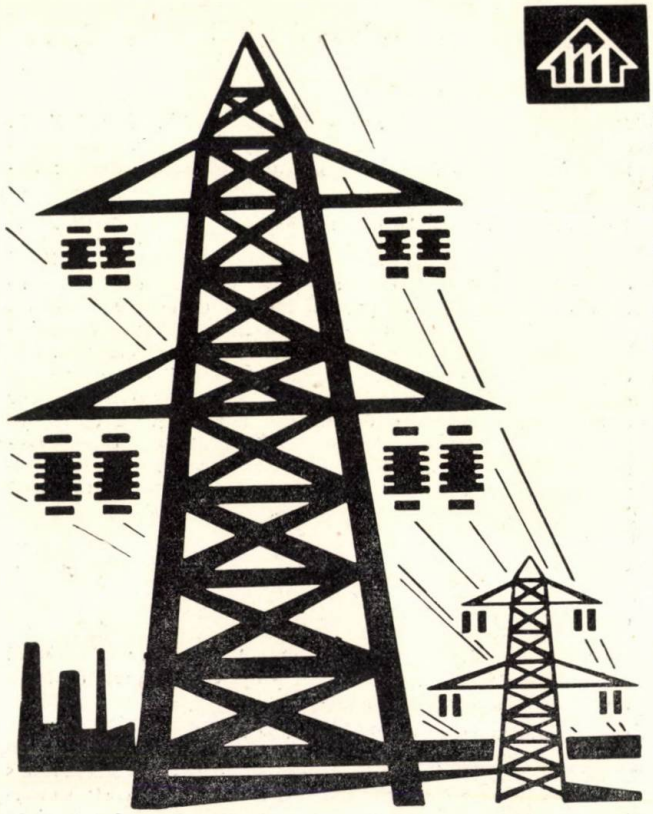
Carabulea, A.: **La détection et les moyens pour remédier l'assymétrie de la charge électrique.**

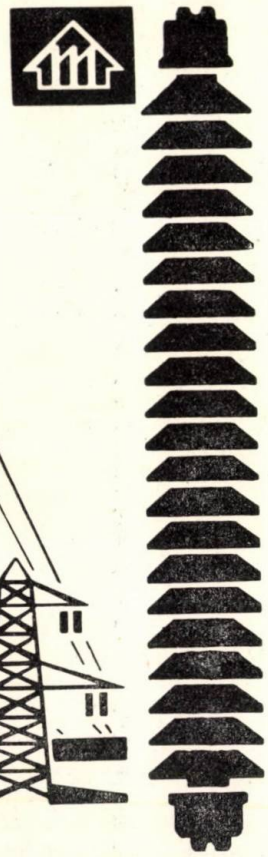
Electrotehnica 13, no. 12, dec 1965, p. 448–461

On présente une série de schémas et de montages pour la détection ainsi que la façon de remédier les assymétries qui apparaissent dans les réseaux électriques chargés assymétriquement et déséquilibrés.

COMPTES RENDUS 462

EXTRAITS 462–464





IZOLATOARE TIJĂ

Izolatoarele tijă prezintă cea mai mare siguranţă de funcţionare pentru linii aeriene de înaltă tensiune, şi anume pînă la cele mai înalte tensiuni de lucru şi cele mai mari puteri transmise. Aceste izolatoare nu pot fi străpunse, ele dispun de o linie de fugă mare datorită galerelor largi, ceea ce explică întrebuinţarea lor în domenii unde impurităţile sînt frecvente. Izolatoarele întrunesc o mare rezistenţă mecanică (12 şi 16 t — sarcină de rupere mijlocie), cu o greutate minimă.

Vă rugăm să cereţi informaţii care nu implică nici un fel de obligaţii din partea dumneavoastră.

ELEKTROKERAMISCHE WERKE DER DDR

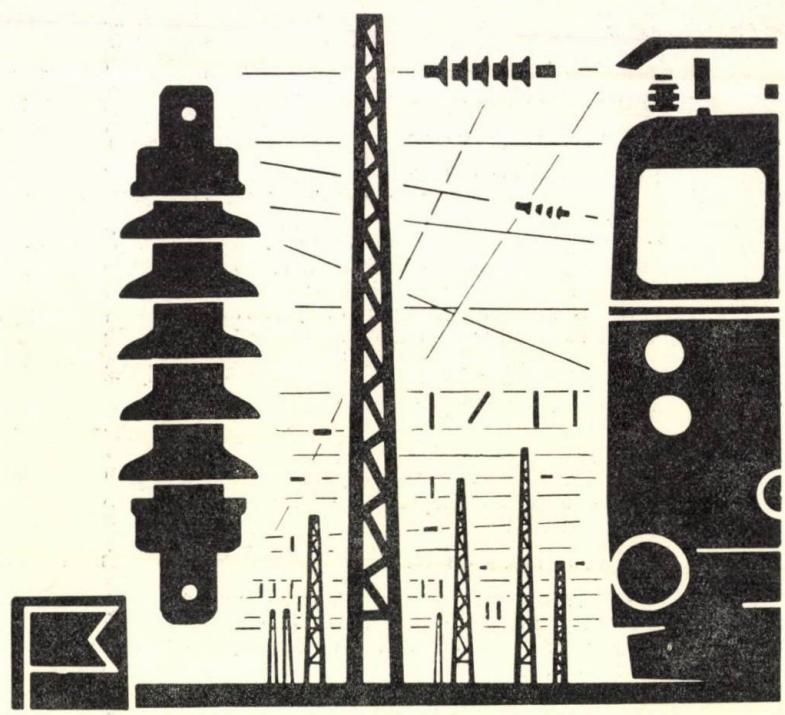
IZOLATOARE TIJĂ

PENRTU CĂILE FERATE

Aceste izolatoare din porţelan dur, avînd forme speciale cu ecrane, se folosesc pentru izolarea liniilor de cale cu o tensiune nominală de 25 kV.

Se garantează, pentru diferitele tipuri, o sarcină de rupere medie de 8 şi 12 t.

Vă rugăm să cereţi informaţii care nu implică nici un fel de obligaţii din partea dumneavoastră.



EXPORTATOR:

COMITETUL INTERN ŞI EXTERN GERMAN

Elektrotechnik

104 Berlin, Chausseestrasse 11/112
REPUBLICA DEMOCRATĂ GERMANĂ

CARPATII * BUCEGI

Uzinele de autocamioane
STEAGUL ROȘU
Brașov * Strada Poienelor Nr. 5 * Telefon 63-10

BALANTA

UZINA SIBIU

CALEA GUȘTERIȚEI Nr. 21–23 ● TELEFON 6200

EXECUTĂ:

BALANȚE

ETALON
TEHNICE
ROMANE
SEMIAUTOMATE
AUTOMATE
DE LA 1 kg LA 1000 kg

BASCULE

DE LA 50 kg LA 2000 kg

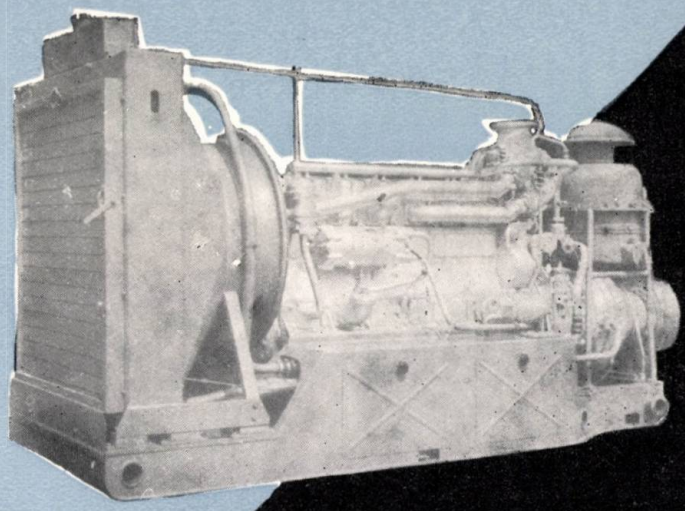
BASCULE ROMANE POD

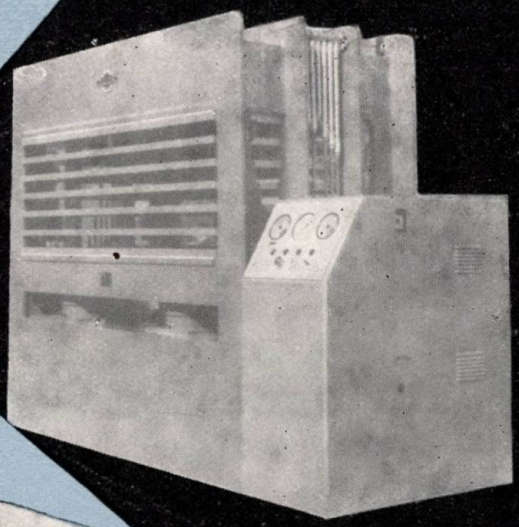
PENTRU VEHICULE RUTIERE, 10–20 T

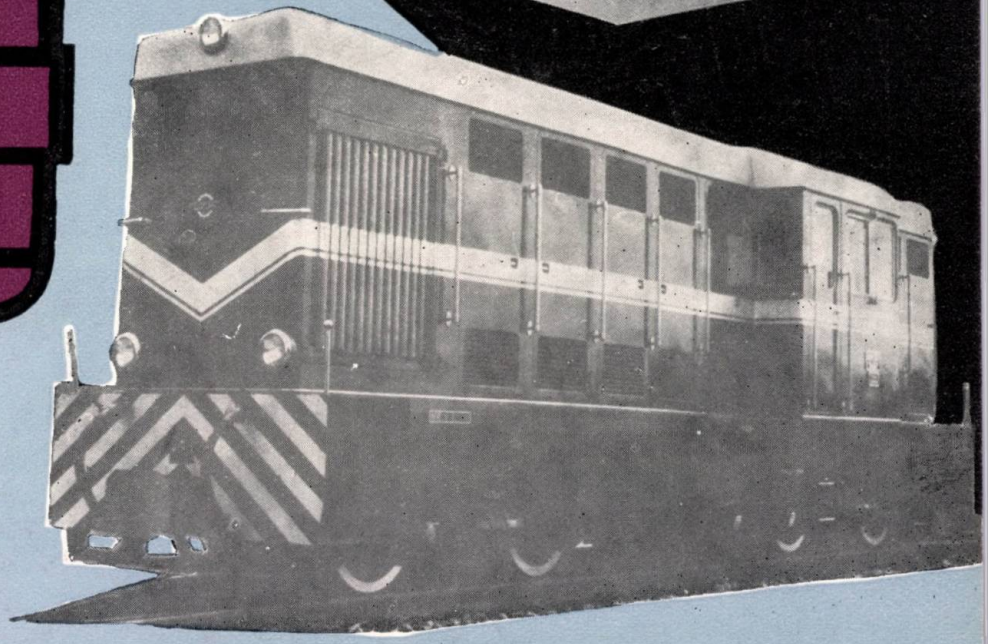
UZINA 23 AUGUST

produce:

Agregate şi aparataje pentru industria chimică
Agregate şi utilaje pentru industria siderurgică
Motoare Diesel, de la 100 la 1 000 CP
Linii de ciment, de 800 şi 1 200 t zi
Material rulant
Locomotive de manevră, pentru cale normală şi îngustă
Vagoane-cisternă de mare capacitate
Vagoane speciale pentru siderurgie
Frîne cu aer comprimat pentru material rulant
Prese hidraulice cu 6 şi 15 etaje pentru industria lemnului







UZSA

1966 MAI 4

MICM ICPE

INSTITUTUL DE CERCETARE ŞI PROIECTARE PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

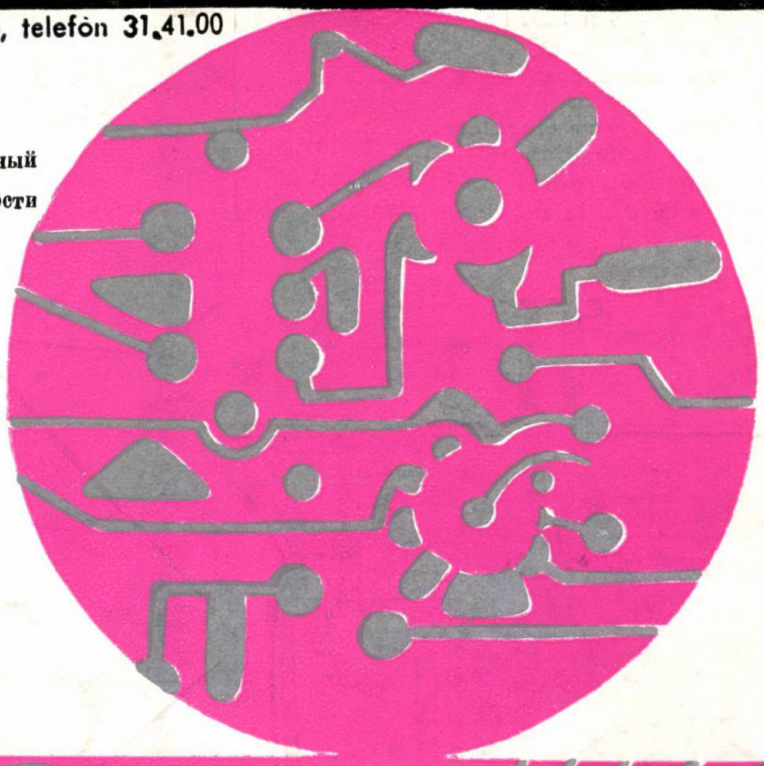
din Bucureşti. Bd. T. Vladimirescu 45, telefon 31.41.00

Научно-исследовательский и Проектировочный институт по вопросам электропромышленности

Electrical Engineering and Research Institute

Forschungs-und Projektierungsinstitut für die Elektroindustrie

Institut de Recherches et Projets pour l'industrie Électrotechnique



primeşte comenzi de cercetare şi proiectare, cu profil electrotehnic, pentru toate sectoarele economice din ţară.

Institutul execută studii, încercări, omologări şi prototipuri din domeniul maşinilor şi transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă şi înaltă tensiune, acţionărilor electrice, schemelor complexe electrice şi electronice, climatizării produselor industriale, calculelor cu maşini electronice, materialelor electrotehnice, cum şi proiectări pentru uzine şi fabrici cu acest profil.

I. P. I. — c. 4209